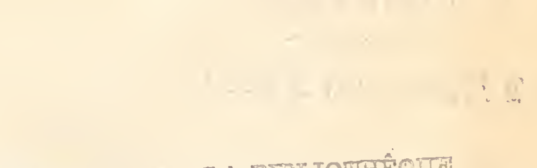



Septemb 1899
R.W. Gibson Inv

ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES



GENÈVE. — IMPRIMERIE RAMBOZ ET SCHUCHARDT

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ET

REVUE SUISSE

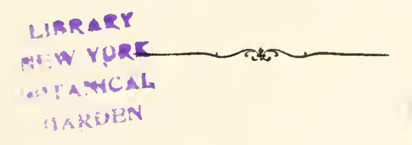
ARCHIVES

DES

SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

NOUVELLE PÉRIODE

TOME TRENTE-SIXIÈME



GENÈVE

BUREAU DES ARCHIVES, RUE DE LA PÉLISSERIE, 18

LAUSANNE
GEORGES BRIDEL

NEUCHATEL
DELACHAUX ET SANDOZ

1869

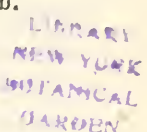
SUR LE

MOUVEMENT DU PROTOPLASMA

DANS LES CELLULES

DES

FEUILLES D'ANACHARIS ALSINASTRUM Bab.



PAR

M. le Professeur J.-B. SCHNETZLER.

En 1772 Bonaventura Corti découvrit le mouvement de rotation dans les cellules de quelques *Characées* et du *Caulinia fragilis*. Ses observations furent confirmées et rectifiées par Fontana, mais la rotation oubliée ou ignorée pendant trente-cinq ans, fut découverte de nouveau par C. L. Treviranus (1807) et par Amici (1819). Aujourd'hui elle a été observée sur un grand nombre de plantes par exemple chez les *Characées, Vallisneria, Ceratophyllum, Hydrillées,* dans les poils des racines d'*Hydrocharis,* etc. Ce mouvement appartient à un groupe de phénomènes qu'on peut considérer sous le nom général de mouvement du protoplasma. Il peut se manifester de trois manières :

1° Les changements de place des molécules qui composent le protoplasma déterminent des changements de forme dans les contours du corps plasmatique et produisent même quelquefois un mouvement de translation comme celui observé dans le plasmodium des Myxomycetes.

2° Le mouvement des spores d'Algues et des Anthérozoïdes est produit par des cils vibratiles qui ne sont autre chose que des prolongements du protoplasma.

3° Une portion du protoplasma des cellules se meut en parcourant une courbe (rotation), où les portions mobiles du protoplasma glissent à travers le liquide intracellulaire en se ramifiant dans différentes directions (circulation).

Dans le travail qui va suivre nous nous occuperons spécialement de la rotation du protoplasma dans les cellules des feuilles d'Anacharis Alsinastrum Bab.[1]. Cette plante originaire de l'Amérique du Nord présente un curieux exemple d'acclimatation. M. Marshall croit que les premiers germes en ont été apportés avec des bois du Canada, amenés à Rugby pour la construction des chemins de fer. La plante fut trouvée la première fois en Europe le 3 août 1842, par le Dr George Johnston, près de Berwick, dans le petit lac de Dunse Castle dont les eaux coulent dans la Tweed. Le Cambridgeshire fut envahi par des Anacharis qui, d'un bassin du jardin botanique de Cambridge avaient passé dans un égoût, et de là dans la rivière Cam. L'échantillon unique placé dans le bassin en question a multiplié en quatre ans au point de gêner la navigation et l'écoulement des eaux dans lesquelles la plante s'est répandue, chose d'autant plus remarquable qu'en Amérique la plante n'est point aussi commune et ne présente aucun inconvénient. Tous les échantillons observés jusqu'à présent en Europe sont femelles ; ainsi ce n'est pas au moyen de graines que la plante s'est répandue, elle se multiplie par les bourgeons axillaires; plus on coupe les tiges et les rameaux, plus les bourgeons se développent.

Les feuilles d'Anacharis sont sessiles et verticillées par

[1] Nous devons à l'obligeance de M. le professeur Aug. Chavannes les échantillons qui ont servi à nos recherches.

trois, elles se présentent sous forme de lames lancéolées d'un vert clair, d'environ un centimètre de long et de quatre millimètres de large ; la pointe terminale de même que les dents qu'on voit à l'aide d'un grossissement convenable sur les bords de la feuille ont leur extrémité colorée d'un brun rouge, le milieu de la lame est traversé dans toute sa longueur par un faisceau de cellules allongées qui apparaît à l'œil nu comme une bande blanchâtre allant de la base jusqu'au sommet de la feuille. Tantôt d'un seul côté, tantôt des deux côtés de ce faisceau central, on voit à l'aisselle des feuilles des corps ovoïdes, arrondis, pédicellés, composés entièrement de cellules transparentes sans chlorophylle, renfermant de fines granulations. On peut suivre le développement de ces corps cellulaires depuis le moment où ils se composent seulement de quelques cellules jusqu'à celui où ils forment une sorte de bourgeon cellulaire. On trouve ces corps aussi bien à l'aisselle des feuilles ordinaires qu'à celles des jeunes feuilles des bourgeons axillaires. Les jeunes feuilles s'accroissent par la division d'une cellule terminale (Scheitelzelle) derrière laquelle s'arrête le faisceau fibro-vasculaire central qui se retrécit à mesure qu'il approche du sommet de la feuille. Le parenchyme de la feuille se compose de deux couches de cellules; celles du faisceau central sont très-allongées et pâles; des deux côtés de ce faisceau se trouvent des cellules larges, cependant leur longueur dépasse généralement la largeur; à mesure qu'on s'approche du bord, les cellules s'allongent et deviennent plus étroites, excepté celles qui se terminent en pointe et qui forment les dents marginales. Vers le sommet et vers la base de la feuille, les cellules se rétrécissent, surtout vers le sommet. On compte de trente

à quarante séries de cellules de chaque côté du faisceau central. Vers le bord de la feuille, les deux couches se confondent en une seule. Les cellules de celle-ci sont transparentes, leurs grains de chlorophylle sont plus petits, et elles renferment en outre un grand nombre de petites granulations incolores. Le nombre et la distribution des grains de chlorophylle dans les cellules des feuilles d'Anacharis varient beaucoup; ces grains se présentent sous forme de disques tantôt arrondis, tantôt ovales; leur diamètre est en moyenne de $^1/_{100}$ de millimètre. Lorsqu'on fait bouillir les feuilles d'Anacharis dans un mélange de parties égales d'eau et d'acide azotique, les grains de chlorophylle se tassent en petits amas, le tissu cellulaire se désagrége, mais les cellules marginales allongées, de même que celles du faisceau central, gardent parfaitement leur forme avec des contours d'une grande netteté; ce résultat s'observe chez toutes les plantes incrustées de silice, par exemple les diatomées, et nous concluons avec le Dr Branson (Carpenter, the Microscope) que cette substance se trouve dans l'enveloppe des cellules marginales et médianes des feuilles d'Anacharis Alsinastrum, formant là une mince couche vitreuse d'une transparence parfaite. La surface inférieure des feuilles présente souvent des papilles ovales, jaunes, semblables à celles que l'on voit sur les feuilles d'Utricularia.

Les feuilles d'Anacharis que nous venons de décrire présentent aux physiologistes un excellent objet pour étudier la rotation du protoplasma: il est vrai qu'on l'observe aussi très-bien dans les cellules de Nitella, mais les parois de celles-ci se couvrent bientôt de stries parallèles de granulations vertes, ce qui empêche de bien voir le mouvement.

Pour observer le phénomène dans les cellules de Vallisneria spiralis, il faut couper les feuilles en long, ce qui trouble naturellement plus ou moins les conditions normales de la vie. Dans les cellules de Chara, l'observation est assez difficile à cause de l'enduit calcaire. Pour voir très-facilement le mouvement rotatoire du protoplasma, on n'a qu'à détacher délicatement à sa base une feuille d'Anacharis Alsinastrum et la placer tout entière sur le porte-objet du microscope. Le mouvement s'observe surtout très-bien dans les cellules marginales et dans les cellules allongées qui entourent le faisceau central. Le courant plasmatique longe les parois des cellules, entraînant avec lui les disques de chlorophylle de même que d'autres granulations plus petites, incolores. D'autres fois le mouvement se manifeste vers le milieu de la cellule par un déplacement plus irrégulier des grains de chlorophylle.

Nous ne possédons jusqu'à présent que des hypothèses sur la cause de ce mouvement. Les observations et expériences suivantes ont pour but de fournir quelques contributions à l'étude de l'influence des principaux agents qui jouent un rôle dans cette manifestation de la vie du protoplasma. Nous distinguerons parmi les agents : la chaleur, la lumière, l'électricité et les actions chimiques. mais il y a une telle solidarité, un tel agencement entre ces différentes forces qu'il est bien difficile de séparer complétement leur examen.

Influence de la température.

Le premier avril 1869, à 10 heures du matin, une feuille fut tirée de l'eau à 10° C. et à la lumière diffuse du soleil : le mouvement était nul. La température de l'eau étant portée à 16°, le mouvement commence sur différents

points et se propage de là aux cellules environnantes; on le voit surtout de bonne heure dans les cellules qui sont à côté du faisceau central. Dans les vieilles feuilles, on voit des groupes de cellules dont le contenu est devenu d'un rouge violet; elles ne présentent plus de rotation. Lorsque le mouvement se ralentit ou s'arrête il suffit ordinairement de souffler légèrement sur la goutte d'eau dans laquelle se trouve la feuille pour le ramener.

Des feuilles tirées d'une eau à 12° ne montrent point de mouvement rotatoire décidé; on obtient le même résultat à 14°. A 15°, le mouvement est encore excessivement faible. Il commence ordinairement vers 16°; cependant l'état de la feuille a une influence marquée; c'est dans les feuilles qu'on pourrait appeler adultes que le mouvement est le plus énergique, tandis que dans les jeunes feuilles qui sont encore d'un vert très-pâle, il est plus faible. On trouve des feuilles où même à 17°, 18° et 19° le mouvement est nul ou très-faible, tandis qu'on voit un mouvement rotatoire faible quelquefois à 12°. Je ne l'ai cependant jamais observé au-dessous de 10°.

Une feuille plongée dans de l'eau à 22°, après le coucher du soleil, présente un mouvement rotatoire du protoplasma très-vif. Cette matière coule avec une telle énergie qu'elle entraîne avec elle de gros amas de grains de chlorophylle qui se sont groupés ensemble dans l'obscurité.

Les disques isolés de chlorophylle défilent rapidement le long des parois comme les grains d'un chapelet. L'intensité du mouvement s'accroît jusqu'à 35°, mais de là elle s'affaiblit, et vers 40° le mouvement s'arrête ou devient très-faible.

Influence de la lumière.

Lorsqu'on retire de l'eau à 10° et au-dessous de cette température, une feuille d'Anacharis dans laquelle le mouvement rotatoire est nul; il suffit d'exposer cette feuille pendant quelques instants à la lumière du soleil pour provoquer un mouvement bien prononcé. Le mouvement une fois commencé, continue dans la lumière diffuse et même dans l'obscurité.

Une feuille tirée de l'eau à 17° est d'un beau vert, les grains de chlorophylle sans mouvement sont éparpillés sur toute la surface intérieure des parois cellulaires qui présentent ainsi une coloration verte générale; cinq minutes d'exposition à la lumière du soleil tamisée par des nuages, opèrent un changement complet dans la distribution des globules de chlorophylle. Les cellules sont devenues plus transparentes et les globules verts se meuvent vivement en longues files le long des parois latérales. La lumière produit le même effet de dislocation sur les amas de grains de chlorophylle qui se forment dans les cellules des feuilles exposées pendant longtemps à l'obscurité. Nous voyons ainsi, comme le dit Jules Sachs (Physiologie végétale), la lumière provoquer des changements de place des grains de chlorophylle, et par là même des changements de coloration. D'après le même auteur, le mouvement du protoplasma est surtout provoqué par les rayons bleus, violets et ultra-violets de la lumière solaire.

Pour examiner l'action de la lumière colorée sur le mouvement plasmatique, j'ai employé des verres de couleur. En analysant à l'aide du prisme la lumière transmise par mes verres, j'ai trouvé que le verre bleu lais-

sait passer outre le bleu et le violet un peu de vert, de rouge et très-peu de jaune; le verre rouge ne laissait passer que les rayons rouges et celui de couleur verte ne laisse passer que les rayons verts.

Une feuille tirée de l'eau à 17° présente un faible mouvement de rotation du protoplasma; elle est exposée à la lumière diffuse, et au bout d'une heure le mouvement est arrêté, tandis qu'une feuille tirée de la même eau et provenant du même verticille, présente encore un beau mouvement rotatoire lorsqu'elle est exposée pendant le même temps à la lumière bleue.

Une autre feuille tirée de la même eau est exposée à la lumière blanche, le mouvement devient plus fort, mais il se borne surtout aux cellules qui sont autour du faisceau central et aux cellules marginales; dans la lumière rouge il continue; dans la lumière bleue il devient non seulement plus énergique, mais il s'étend et se propage de cellule en cellule, et non-seulement la vitesse a augmenté, mais le protoplasma, en devenant plus fluide, présente une plus grande transparence. Lorsque pendant un jour sombre le mouvement s'est arrêté dans toutes les cellules d'une feuille, il suffit de la placer sous un verre bleu, sans qu'il y ait le moindre changement de température, pour provoquer un mouvement plasmatique dans ces mêmes cellules.

Une feuille un peu vieille ne présente point de mouvement rotatoire dans les cellules; les grains de chlorophylle forment un pavé uniforme sur la paroi intérieure. Cette feuille étant exposée à la lumière blanche, il se produit la dislocation déjà mentionnée des grains de chlorophylle et un faible mouvement plasmatique; dans la lumière rouge ce mouvement continue et se trouve même

excité plus fortement, mais il a encore quelque chose d'indécis; les grains de chlorophylle oscillent çà et là sans prendre une direction constante. Dans la lumière bleue le mouvement devient énergique et la direction constante.

Actions chimiques.

Jusque dans ces derniers temps on a confondu dans les ouvrages de physiologie végétale deux actes bien différents : la respiration et l'assimilation. Sachs *(loc. cit.)* établit la différence de la manière suivante :

« Le phénomène que, d'accord avec Garreau, je désigne exclusivement sous le nom de respiration, l'absorption de l'oxygène atmosphérique, et le dégagement d'acide carbonique (et d'eau), est, à tous égards, essentiellement différent de l'assimilation dans les cellules à chlorophylle, qui provient de l'absorption de l'acide carbonique, de sa décomposition et du dégagement de l'oxygène. Cette dernière propriété est la base de la nutrition des plantes à chlorophylle, puisque c'est par son moyen que les combinaisons organiques prennent naissance aux dépens de l'acide carbonique et de l'eau. Tandis que l'assimilation crée de la substance organisée avec des matériaux inorganiques, la respiration en détruit constamment; la première augmente le poids sec de la plante, la seconde le diminue.

« La décomposition de l'acide carbonique n'est possible que dans les cellules à chlorophylle, et lorsque la lumière est suffisamment intense et d'une réfrangibilité déterminée. La respiration n'est soumise à aucune de ces conditions; elle s'effectue dans toutes les cellules sans exception, aussi longtemps que celles-ci sont vivantes. Pendant

l'assimilation, des affinités énergiques sont vaincues, des combinaisons stables sont détruites; les forces nécessaires à cette opération sont fournies par la lumière agissant sur la chlorophylle. Dans la respiration, au contraire, les affinités chimiques reprennent tous leurs droits; les combinaisons du carbone avec l'hydrogène, l'oxygène, l'azote et le soufre que l'assimilation a produites sont par leur nature même instables; l'oxygène de l'atmosphère agissant avec toute sa force sur l'hydrogène et le carbone de ces combinaisons, les détruit, et une partie de leurs atomes revêt la forme beaucoup plus stable d'eau et d'acide carbonique. « Désignons donc sous le nom de respiration l'action de l'oxygène dans les cellules vivantes. »

L'influence de la respiration et de l'assimilation sur le mouvement du protoplasma devient d'une grande importance d'après la définition si clairement établie par le savant physiologiste allemand. Dans les feuilles d'Anacharis Alsinastrum les canaux intercellulaires forment un réseau complet. Lorsqu'on détache par sa base une de ces feuilles, des bulles de gaz composées en grande partie d'oxygène se dégagent par l'ouverture des canaux coupés. Lorsque la feuille plongée dans l'eau est exposée à la lumière blanche, le dégagement des bulles devient plus fort; elles ne sortent pas seulement par l'ouverture des canaux coupés, mais encore sur les côtés de la feuille, surtout par les dents marginales; le réseau des canaux intercellulaires est plein de gaz. Sous l'influence de la lumière rouge, le dégagement des bulles d'oxygène est très-vif; il est presque nul avec la lumière verte.

Dans une feuille tirée de l'eau à 12°, on n'observe point de mouvement rotatoire ; exposée à la lumière bleue, le mouvement s'établit, sans qu'il y ait dégage-

ment de bulles; dans la lumière rouge, le mouvement persiste, mais le dégagement des bulles commence aussitôt. Quoique les rayons bleus et violets paraissent avoir peu ou point d'influence sur l'élimination directe de l'oxygène (Sachs), j'ai cependant observé souvent un dégagement de bulles dans la lumière bleue et violette, mais il a pu provenir des faibles rayons jaunes et rouges que cette lumière renfermait.

Quoiqu'on admette sans contestation que la présence de l'air contenant de l'oxygène est absolument nécessaire aux cellules vivantes pour accomplir leurs fonctions, la nécessité de la présence de l'oxygène pour entretenir le courant du protoplasma, n'était démontrée que par un petit nombre d'expériences, surtout par celles de Kühne (Untersuchungen über Protoplasma, 1864), sur les Myxomycètes et les poils des filets staminaux de Tradescantia. Je puis ici ajouter une expérience faite sur les feuilles d'Anacharis. Des feuilles de la même plante ont été exposées, les unes dans l'eau, les autres dans de l'huile d'olive épurée, à la lumière du soleil, avec une température de 30°; dans l'eau il y avait un abondant dégagement de bulles et un mouvement rotatoire très-énergique; dans l'huile, il n'y avait ni dégagement de bulles, ni mouvement.

« De Saussure a déjà remarqué que la lumière favorise l'absorption de l'oxygène par l'huile de lavande. Jodin a trouvé qu'une solution alcoolique de cette substance absorbait en quarante jours, sous l'influence de la lumière solaire, plus de 7 (?) centimètres cubes d'oxygène, et ne rendait que 0,1 à 0,2 centim. cubes d'acide carbonique. L'essence de térébenthine donne des résultats analogues » (Sachs, *Phys.*, p. 31). Lorsqu'on plonge une feuille d'Anacharis dans une goutte d'essence de térébenthine, le

gaz qui remplit les canaux intercellulaires disparaît sans dégagement de bulles, et tout mouvement plasmatique cesse rapidement. Le chloroforme et l'éther produisent un effet tout à fait semblable. Voici quelques expériences faites avec ces anesthésiques.

Une feuille d'Anacharis, dans les cellules de laquelle la lumière a provoqué un mouvement rotatoire fort énergique, est exposée pendant une minute dans une goutte d'eau aux vapeurs de chloroforme d'un petit flacon, sur le goulot duquel se trouve placé le porte-objet. Au bout de ce temps tout mouvement a cessé; le protoplasma ne coule plus. La feuille est replongée dans de l'eau fraîche et exposée à la lumière solaire; quelques heures après, la rotation s'est vigoureusement rétablie. J'ai observé, qu'en moyenne, une minute de chloroformisation suffit pour arrêter le mouvement du protoplasma; suivant l'état de la feuille, le mouvement est alors pour toujours annulé, ou il peut revenir comme dans le cas dont nous venons de parler. Un des effets que j'ai toujours vu se produire sous l'influence prolongée du chloroforme, c'est la disparition du gaz contenu dans les canaux intercellulaires. L'éther exerce une action semblable, mais plus lente; s'il faut en moyenne une minute pour endormir complétement, ou même tuer le protoplasma avec le chloroforme, il faut environ trois minutes pour obtenir le même effet avec l'éther.

Lorsqu'on expose à la lumière blanche ou rouge une feuille chloroformisée, elle ne dégage plus de bulles, tandis que des feuilles non chloroformisées, placées à côté d'elle, présentent un vif dégagement de gaz. Cette observation nous fait voir que la simple présence des grains de chlorophylle ne suffit pas pour opérer la décomposition

de l'acide carbonique sous l'influence de la lumière, mais que l'état du protoplasma exerce aussi une influence sur les actions chimiques qui s'opèrent dans la cellule.

L'action des substances toxiques sur le protoplasma végétal a été examinée par beaucoup d'observateurs, excepté celle du curare. En dehors des observations que j'ai publiées dans les *Archives* (déc. 1865), je n'en connais pas d'autres sur l'action de cet intéressant poison à l'égard du protoplasma végétal. Les feuilles d'Anacharis présentaient une belle occasion de les répéter. Lorsqu'on expose ces feuilles, au moment où le mouvement plasmatique de leurs cellules est bien prononcé, dans une solution aqueuse de curare, capable de tuer un lapin ou une grenouille, et qu'on les y laisse pendant plus d'une heure, on ne voit pas la moindre influence produite sur le mouvement du protoplasma. Ce fait confirme entièrement le résultat obtenu par les observations que je viens de rappeler.

Nous venons de voir que le chloroforme, semblable à l'essence de térébenthine, paraît exercer une action absorbante sur les gaz contenus dans les canaux intercellulaires ; j'ai examiné sous ce même rapport l'action de l'eau de chaux. Des feuilles d'Anacharis furent plongées dans de l'eau de chaux ; il n'y eut ni précipité, ni absorption de gaz ; le mouvement rotatoire persistait tout en se ralentissant un peu.

Influence de l'électricité.

Malgré les travaux de Becquerel, d'Unger, de Jurgensen, de Heidenhain, de Max Schultze, de Brücke, de Kühne, etc., qui ont examiné l'influence de l'électricité sur le mouvement du protoplasma, nous n'avons pas encore des résultats physiologiques bien importants sur

ce point. Ce qui résulte cependant des travaux que nous venons de mentionner, c'est que des courants constants ou des courants d'induction très-faibles n'exercent aucune action sensible sur le mouvement plasmatique, tandis que des courants d'une certaine intensité produisent des effets semblables à ceux d'une élévation de température. Dès que ces courants dépassent une certaine limite, ils amènent la mort du protoplasma.

Les travaux de Kistiakoswki et d'Engelmann ont démontré d'une manière évidente l'influence des courants électriques sur le protoplasma animal des cils vibratiles [1].

Quant aux forces électromotrices produites dans les plantes, elles sont démontrées par les expériences de Pouillet, Riess, Becquerel, Wartmann, Buff, Jurgensen, Heidenhain, etc. En employant la méthode de Du Bois, ces deux derniers observateurs ont constaté, dans les feuilles de Vallisneria spiralis, un courant allant de la surface extérieure à la surface de section. La surface verte des feuilles est constamment dans un état électrique positif; tandis que les liquides contenus dans les cellules sont négatifs; cependant la force électromotrice, par laquelle cette séparation est effectuée, semble dépendre uniquement des relations chimiques entre l'eau et la sève des plantes [2].

Mes expériences faites, soit avec des courants d'induction, soit avec l'électricité statique, sont d'accord avec les résultats généraux mentionnés plus haut. Les courants forts n'arrêtent pas seulement le mouvement du protoplasma, mais ils produisent en outre une accumulation des grains de chlorophylle. Une feuille, dans les cellules

[1] S. Stricker, *Handbuch der Lehre von den Geweben*, 1868.

[2] Sachs, *Phys. veg.*

de laquelle on observe un beau mouvement de rotation, est exposée à l'action de l'électricité statique à faible tension, le mouvement se ralentit très-fort, les globules de chlorophylle se pelotonnent. On expose cette feuille à la lumière; aussi longtemps que le mouvement est ralenti sous l'influence de l'électricité, il n'y a point de dégagement de bulles: mais dès l'instant où la lumière a excité de nouveau le mouvement du protoplasma, les grains de chlorophylle se séparent et le dégagement de gaz recommence. Le mouvement rotatoire, fortement ralenti par l'action des vapeurs d'éther dans les cellules d'une feuille d'Anacharis, revient quelquefois à son état primitif sous l'influence de l'électricité statique à faible tension, ou d'un courant d'induction modéré.

Vitesse des courants de protoplasma dans les feuilles d'Anacharis.

Suivant Hofmeister[1], la vitesse du protoplasma, dans les cellules de Nitella flexilis, est de 1,63 millimètres par minute; dans le Vallisneria spiralis de 1,56 millimètres; dans le Potamogeton crispus de 0,009 millimètres.

En mesurant, à l'aide du micromètre, le chemin parcouru par les grains de chlorophylle dans les feuilles d'Anacharis Alsinastrum, j'ai trouvé une vitesse moyenne de 1,5 millimètres par minute, à une température de 20° C. La vitesse avec laquelle se meuvent les grains de chlorophylle dans le courant du protoplasma n'est pas toujours la même; il y a décidément des parties où la vitesse s'accélère, par exemple en approchant des petits sinus qui se trouvent au point de contact de deux cellules, longées par une troisième; les globules ressortent

[1] *Handbuch der phys. Bot.*, p. 48.

de ces creux comme des corps qui, en tombant, auraient acquis une plus grande vitesse. Il y a aussi une différence de vitesse d'une molécule à l'autre ; on voit des petites granulations incolores qui marchent plus vite que les grains de chlorophylle qui sont plus grands. Ces derniers, comme nous l'avons déjà dit, glissent en file le long des parois de la cellule, tournant contre elles leur côté plat ; en sortant avec une vitesse accélérée d'une anfractuosité, ces disques verts tournent quelquefois sur leur grand axe et présentent alors leur côté plat. Dans les cellules allongées et étroites qui se trouvent à côté des cellules marginales, on observe souvent un mouvement très-vif, surtout parmi les petites granulations. Les grains de chlorophylle qui marchent le long des parois de ces cellules ont quelquefois de la peine à passer les uns à côté des autres, en longeant deux parois opposées en sens inverse ; après s'être légèrement entrechoqués, ils continuent leur chemin respectif ; on voit cependant des grains, après avoir subi le choc, être lancés dans le courant de la paroi opposée et suivre là le nouveau courant dans lequel ils sont entrés. Le liquide qui occupe la partie centrale des cellules ne possède pas en tout cas la force entraînante de celui qui se trouve vers les parois.

L'énergie avec laquelle le protoplasma entraîne les grains de chlorophylle ne semble guère être diminuée par la pesanteur ; dans une feuille inclinée de 45°, ou placée même verticalement, la vitesse est à peu près la même que dans un plan horizontal ; les globules montent d'un côté avec la même vitesse avec laquelle ils descendent de l'autre, se rapprochant et se dépassant quelquefois les uns les autres. Ainsi la vitesse sous différents degrés d'inclinaison ne présente pas plus de variations que dans un plan horizontal.

Considérations générales.

Si des expériences et observations précédentes nous tâchons de remonter à la cause de ce remarquable mouvement du protoplasma, nous trouvons deux sortes d'explications : les unes tendent à expliquer le mouvement par des forces purement mécaniques, les autres font intervenir des actions physiologiques. Sachs et Hofmeister, qui sont les représentants de la théorie mécanique, font provenir les courants de variations dans la proportion d'eau de différentes régions du protoplasma.

Sachs *(loc. cit.)* se représente le protoplasma comme une agrégation de molécules dans un état d'équilibre instable et jouissant des propriétés suivantes : 1° chaque molécule a plusieurs diamètres, et est peut-être cristalline; 2° toutes les molécules s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance; 3° deux circonstances les empêchent de se rapprocher indéfiniment les unes des autres : *a)* chacune d'entre elles est entourée d'une couche d'eau d'épaisseur variable; *b)* indépendamment des attractions de masse, elles sont soumises à des forces particulières dépendant de leur forme; elles sont par exemple douées d'une sorte de polarité comme les molécules d'un aimant, ou comme les molécules péripolaires d'un nerf. La réalisation de ces différentes hypothèses produirait un arrangement de molécules dans lequel l'équilibre, facilement détruit, chercherait constamment à se rétablir.

De Bary (Die Mycetozoen) admet deux sortes de forces motrices : l'une est une vis à tergo, une *contraction* de la substance du protoplasma au point d'origine du mouvement, et peut-être aussi le long du courant; l'autre est

au contraire une force de succion qui s'exerce au point d'arrivée des courants et les attire constamment. Quoique les défenseurs de la théorie mécanique aient rayé de leur explication le mot de contraction et de contractilité, nous voyons ici admettre, par De Bary, la contraction d'une partie du protoplasma; cette manière de voir n'exclut du reste nullement le rôle que jouent les variations du pouvoir d'imbibition dans le protoplasma. L'observation suivante me semble prouver l'influence du pouvoir d'imbibition sur le mouvement plasmatique. Deux feuilles d'Anacharis, dans lesquelles le mouvement était très-prononcé, sont laissées sur le porte-objet, depuis onze heures du matin jusqu'à quatre heures de l'après-midi; l'eau s'était évaporée et le mouvement avait complétement cessé; on les humecte avec de l'eau qui avait la même température que l'air ambiant; dès que les feuilles ont repris leur turgescence normale, le mouvement se rétablit avec son intensité primitive. Suivant Nägeli, la force motrice doit avoir son siége dans la couche pariétale. Cette opinion, de même que celle de De Bary, nous conduit à la théorie physiologique avancée d'abord par Cohn, et défendue par Max Schultze, etc. Ils admettent comme cause du mouvement du protoplasma une propriété inhérente à cette substance, à laquelle on a donné le nom de *contractilité.*

Si la théorie mécanique présente encore des difficultés pour nous expliquer d'une manière satisfaisante l'ensemble du phénomène dont nous parlons, l'emploi d'un mot mal défini nous paraît plus insuffisant encore; nous ne comprenons pas le mouvement rotatoire, marqué par le déplacement des grains du chlorophylle et d'autres granulations au moyen des contractions de la substance dans la-

quelle ces granulations sont suspendues. Nous constatons d'un autre côté avec Nägeli, que la cause motrice agit avec son maximum d'énergie le long des parois intérieures de la cellule. Lorsque nous voyons dans une cellule, placée verticalement, les grains de chlorophylle monter rapidement d'un côté et descendre de la même vitesse de l'autre côté, il nous paraît évident que ces corps se trouvent pris dans un liquide assez dense pour les empêcher de se précipiter au fond de la cellule, et d'un autre côté nous voyons ce liquide recevoir son impulsion à partir de la paroi cellulaire; car il est facile à observer que la vitesse avec laquelle les grains de chlorophylle se meuvent, diminue à mesure qu'on se rapproche du milieu de la cellule, où il existe même souvent une région sans mouvement.

Le nom de protoplasma est un nom collectif qui comprend surtout une réunion de matières protéiques. Ces matières sont continuellement dans la cellule vivante le siége d'actions chimiques et physiques. La densité diminue depuis la périphérie vers le centre de la cellule; c'est dans la partie périphérique du protoplasma qu'il faut chercher le point de départ de son mouvement. Que la cause de ce mouvement se trouve du reste dans les contractions successives ou vibrations de la couche extérieure du protoplasma qui se transmettent jusqu'à une certaine distance aux couches intérieures, ou que ce soit le déplacement successif des molécules de cette matière, déplacement produit par des causes purement mécaniques, il resterait encore à expliquer ce qui produit ces contractions ou ces déplacements. Il est incontestable que le mouvement dont nous parlons ne se montre que dans le protoplasma vivant; or, les manifestations de la vie ont

toujours des causes complexes. Parmi ces causes nous trouvons en premier lieu les actions et les réactions chimiques qui s'opèrent dans la matière vivante aussi longtemps qu'elle se présente dans un certain état moléculaire ; ces actions chimiques se trouvent, dans le cas qui nous occupe, évidemment provoquées par la présence de l'oxygène. Nous trouvons ici une analogie frappante entre l'action des grains de chlorophylle et le protoplasma d'une part, et celle des globules sanguins de l'autre. Dans un discours prononcé au congrès des naturalistes et médecins allemands, à Francfort s/M., Wandt s'exprime sur ce sujet de la manière suivante : « Les globules sanguins jouent un rôle analogue à celui que joue la chlorophylle dans la cellule végétale vis-à-vis de l'acide carbonique. La seule différence qui existe, c'est que dans la cellule du sang il s'opère en outre une oxydation qui l'emporte sur la réduction. D'un autre côté, il est reconnu que la cellule végétale est le siége d'une oxydation qui se produit à côté d'une réduction. De même que la chlorophylle de la cellule végétale absorbe l'acide carbonique, de même le protoplasma incolore de cette cellule absorbe l'oxygène, et cet acte correspond complétement à l'absorption de l'oxygène par la cellule du sang. Ces considérations sur la chimie de la cellule nous expliquent une analogie qui avait été signalée depuis longtemps par les morphologistes, au sujet des mouvements spontanés du contenu protoplasmique de la cellule, depuis que Unger avait appelé l'attention sur la ressemblance qui existe entre le contenu primitif de la cellule végétale et celui de la cellule animale. »

His a démontré le fait intéressant de la transformation de l'oxygène ordinaire en ozone par les globules san-

guins. Lorsque nous traitons de la teinture de Gayac avec le jus vert d'une plante, par exemple de Leontodon, nous obtenons une coloration bleue comme avec les globules du sang. Après avoir exposé ces derniers, de même que la chlorophylle, à l'action de l'acide cyanhydrique, ils ont perdu tous les deux la propriété de transformer l'oxygène en ozone. Ainsi non-seulement le protoplasma absorbe l'oxygène, mais une partie de ce protoplasma transforme l'oxygène, surtout sous l'influence de la lumière, en ozone, dont les propriétés plus énergiques doivent contribuer d'une manière plus intense aux actions chimiques qui s'opèrent dans le protoplasma. La présence de l'oxygène est aussi nécessaire au mouvement du protoplasma animal qu'à celui de la plante; le mouvement des cils vibratiles des branchies d'Anodontes cesse dans l'hydrogène et dans l'acide carbonique, de même que sous l'influence des vapeurs d'éther et de chloroforme; mais il recommence dans l'air atmosphérique. Les autres agents physiques agissent de la même manière sur le protoplasma animal et végétal; lorsqu'on chauffe des globules sanguins blancs sur le porte-objet de 30° à 40°, ils exécutent un véritable mouvement de translation.

Nous admettons, d'après tous les faits que nous venons d'énumérer, que la cause principale qui provoque le mouvement du protoplasma consiste dans l'action chimique de l'oxygène, qui a passé à travers la paroi de la cellule et dont une partie s'est probablement transformée en ozone sous l'influence de la lumière. Les molécules extérieures du protoplasma, dont l'équilibre se trouve ainsi rompu, transmettent leur mouvement à la couche adjacente qui charrie les granulations, laquelle seule semble se mouvoir; mais lorsqu'on observe attentivement avec un

fort grossissement, on voit une mince couche de protoplasma sans grains qui double la paroi intérieure de la cellule exécuter un mouvement dans le même sens, mouvement qui précède celui de la couche granulaire et qui persiste quelquefois après lui. Les mouvements granulaires qu'on observe souvent dans l'intérieur de la cellule peuvent être dus à l'action de l'oxygène qui se forme dans la cellule par le travail de l'assimilation. Nous n'avons pu voir dans les cellules d'Anacharis ni systole ni diastole. Lorsqu'on assiste à la mise en mouvement de leur protoplasma, on voit des molécules qui s'ébranlent d'abord isolément; peu à peu elles glissent le long de la paroi; celles qui sont derrière elles les suivent jusqu'à ce que toute la rotation soit établie. — D'après ce que nous avons vu, les rayons de lumière les plus fortement réfractés ont une influence marquée sur la direction du protoplasma en mouvement; les courants électriques qui se forment sous l'influence de l'eau, entre la surface de la feuille et le contenu des cellules, n'y sont peut-être pas étrangers non plus. Quant à l'énergie du mouvement, elle dépend surtout de la température. Au point de vue de la théorie mécanique, nous avons ici évidemment un exemple de transformation de la lumière et de la chaleur en mouvement.

SUR
L'ÉVAPORATION DU SOL

PAR

M. EUGÈNE RISLER.

Les météorologistes ont déjà fait plusieurs tentatives pour se procurer des données exactes sur la proportion des eaux de pluie qui, après être tombées sur la terre, *s'évaporent sur place*, c'est-à-dire retournent à l'atmosphère, soit directement par l'évaporation qui se fait à la surface du sol, soit en traversant les végétaux qui couvrent cette surface; mais, dans tous les cas, sans se déplacer et sans aller rejoindre les grands cours d'eau, sous forme de sources ou de ruisseaux.

Les uns ont comparé l'évaporation qui a lieu sur une surface de terre humide avec celle qui se fait sur une surface égale d'eau, et, après avoir déterminé la deuxième par une suite d'observations journalières, en ont déduit la première. Ils ont trouvé que la première est environ le tiers de la deuxième.

Pendant les années 1796 et 1797, Maurice, à Genève, et, pendant les années 1821 et 1822, le comte de Gasparin, à Orange, ont fait des observations directes au moyen d'un vase de tôle rempli de terre, qu'ils pesaient chaque jour avec une romaine. Le vase était enfoncé dans le sol jusque près de son ouverture, et son fonds était garni de petits trous. Ces observateurs ont trouvé qu'à Genève l'évaporation avait enlevé les 0,61 de l'eau de pluie tombée, et à Orange les 0,88.

La méthode que j'ai employée pour résoudre le problème diffère complétement des précédentes. Elle consiste à jauger le débit des drains correspondant à une certaine surface de terre, et à le comparer avec la quantité de pluie tombée sur cette même surface; la différence entre ces deux chiffres donne la quantité d'eau évaporée.

Pour qu'une pièce de terre se prête à l'application de cette méthode, il faut que deux conditions principales soient remplies :

1° Il faut être sûr que cette pièce de terre ne reçoit pas d'autres eaux que les eaux de pluie tombées directement sur sa surface. C'est bien ce qui a lieu sur la pièce de terre de 12,300 mètres carrés, qui sert à mes observations. Elle est située à la partie culminante d'un plateau d'argile glaciaire (à Calèves, près de Nyon, canton de Vaud). Il ne peut y arriver aucune eau des terres voisines.

2° Il faut que toute l'eau qui n'est pas évaporée soit recueillie par les drains. Cette seconde condition est également remplie. Le sous-sol est tellement compacte que les drains (en tuyaux de terre cuite, placés bout à bout à $1^m,20$ de profondeur et en lignes espacées de 10 mètres) recueillent toute l'eau qui pénètre dans la couche arable et qui ne s'évapore pas.

Je dois remarquer que, si le terrain n'avait pas été drainé, il absorberait souvent moins d'eau. Celle-ci n'y pénètre qu'à la condition d'y trouver des interstices où elle peut descendre et en même temps de déplacer l'air qui remplit ces interstices. Or, on a constaté que les drains augmentent le nombre et la dimension des interstices; avant de commencer à couler, ils offrent un passage à l'air qu'il s'agit de déplacer, et, après avoir commencé à couler, ils sucent en quelque sorte l'eau qui imbibe le sol. en

vertu du vide qui tend constamment à se produire à leurs extrémités supérieures.

Le drainage des terres compactes enlève l'excès d'eau dans les moments de grandes pluies, mais en même temps il empêche les plantes de souffrir autant de la sécheresse dans les saisons où les pluies sont rares; car non-seulement les racines peuvent y pénétrer à une profondeur plus grande, mais elles y trouvent des réserves d'eau qui maintiennent plus longtemps le sol frais au printemps, et les pluies de l'été, y descendant plus bas, s'évaporent moins rapidement.

En résumé, le drainage assure la régularité de l'alimentation des végétaux. Il transforme en couche active une portion du sol qui ne servait pour ainsi dire à rien auparavant; et en cela il est d'autant plus utile qu'il aide par des labours profonds. Au-dessous de cette couche de $1^m,20$, le sous-sol reste compacte; il forme une sorte de cuvette qui ne laisse rien échapper.

Si la surface du champ était fortement inclinée, il se perdrait une grande quantité d'eau pendant les pluies abondantes ou les fortes averses. Cela n'a pas lieu pour le champ qui sert de surface d'absorption dans nos recherches. Il a dans un sens seulement 1 $^0/_0$ de pente; dans l'autre il en a plus (2 $^0/_0$), mais les eaux qui tenteraient de s'écouler sont retenues par un chemin empierré dont le talus domine le bas du champ. La pente générale est au Sud-Est.

Ce champ remplit donc toutes les conditions nécessaires. Il ne s'y trouve aucun arbre. En 1867, il y avait $^2/_5$ de sa surface en pommes de terre, $^2/_5$ en blé, $^3/_{20}$ en luzerne et $^1/_{20}$ en chemins qui déversent leurs eaux vers les drains. En 1868, il y avait $^2/_5$ en blé, $^2/_5$ en trèfle, $^3/_{20}$ en luzerne et $^1/_{20}$ en chemins.

Les jaugeages du drain collecteur qui réunit toutes les eaux se font chaque jour à midi. On compte combien il faut de secondes pour remplir un vase de la capacité de quatre litres et demi. Puis on admet que la quantité d'eau écoulée par seconde est restée la même pendant les vingt-quatre heures qui ont précédé. Ce procédé de jaugeage peut être considéré comme suffisamment exact, quand les drains coulent avec un débit qui diminue graduellement pendant une série de jours. Lorsqu'il y a de fortes pluies qui influent brusquement sur l'écoulement des drains, on fait, autant que possible, un deuxième jaugeage.

Voici un tableau qui donne pour les douze mois des années 1867 et 1868 les quantités de pluie tombée, les débits des drains et la quantité d'eau évaporée. Toutes les quantités ont été réduites en millimètres, afin d'être plus faciles à comparer avec celles de la pluie :

	1867			1868		
	Pluie tombée.	Écoulée par les drains.	Évaporée.	Pluie tombée.	Écoulée par les drains.	Évaporée.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Janvier.....	137,50	102,82	34,68	60,75	22,78	37,97
Février.....	63,15	42,65	20,50	9,50	8,56	0,94
Mars........	206,75	94,39	112,36	93,90	48,78	45,12
Avril........	156,77	71,24	85,53	66,00	4,04	61,96
Mai.........	100,91	18,01	82,90	41,90	1,15	40,75
Juin.........	80,75	0,72	80,03	47,30	0	47,30
Juillet......	31,45	0	31,45	119,50	0	119,50
Août........	49,75	0	49,75	73,81	0	73,81
Septembre ..	99,15	0	99,15	157,90	2,07	155,83
Octobre.....	93,80	3,31	90,49	106,55	24,34	82,21
Novembre...	7,45	0	7,45	50,25	19,93	31,22
Décembre...	39,25	0	39,25	201,50	145,47	59,03
Total de l'année.	1066,68	333,14	733,54	1032,86	277,12	755,74

D'après cela, l'évaporation totale de l'année aurait atteint, en 1867, les 68,75 centièmes, et en 1868 les 73,17 centièmes de la pluie tombée.

Mais il faut augmenter le chiffre de 1867 et diminuer celui de 1868 d'environ 3 centièmes, parce que les terres renfermaient, à la fin de 1867, environ 20 °/₀ d'eau de moins, et à la fin de 1868, environ 20 °/₀ d'eau de plus qu'au commencement de l'année. 20 °/₀ d'eau pour une terre qui pèse, sur $1^{m},20$ de profondeur, un peu plus de 17 millions de kilogrammes par hectare équivaut à 34 millimètres d'eau, ou 3 °/₀ de la pluie tombée. Les quantités réelles d'eau évaporée sont donc :

en 1867 — $767^{mm},54$ ou 70,75 °/₀ de la pluie tombée.
en 1868 — $721^{mm},74$ ou 70,17 °/₀ de la pluie tombée.

Pour faire les mêmes corrections mois par mois, il faudrait connaître les quantités d'eau renfermées dans le sol à la fin de chaque mois. Je n'ai pas fait ces déterminations avec assez de régularité pour pouvoir m'en servir. Je me borne donc à remarquer que l'évaporation a été, en général, plus forte pour les mois d'été et moins forte pour les mois d'hiver que le tableau l'indique. Cela est surtout vrai pour 1868, qui a eu un été plus chaud que 1867.

Quels sont les résultats que l'on obtiendrait dans des terres différentes par leur nature, par l'inclinaison de leur surface ou par les végétaux qui les couvrent ?

1° *Nature du sol.* — Dans un terrain très-meuble à sous-sol très-perméable, comme du gravier, par exemple, l'évaporation serait moins grande que dans le cas observé. La différence ne serait sans doute pas très-grande, mais il y en aurait certainement une, parce qu'une partie des

eaux de pluie pourrait se perdre plus vite dans le sous-sol qu'elle ne peut s'écouler à travers les drains d'un sol argileux.

Les terres perméables sont les plus favorables à la formation des sources. Si l'on connaissait la surface d'absorption correspondant à une certaine source, et si l'on voulait estimer la quantité d'eau qui peut y arriver par an, on resterait, dans notre pays et à la même hauteur au-dessus du niveau de la mer, au-dessous du maximum, en prenant 29 à 30 % de la pluie. Mais cela suppose que la surface en question est plane ou concave.

Les terres argileuses sont tout à fait impropres à l'alimentation des sources. Leur idéal est une cuvette plus ou moins régulière qui rend, à la longue, à l'atmosphère tout ce qu'elle en a reçu. Mais leur drainage les rapproche des conditions des terres à sous-sol perméable. Le drainage permet d'y créer des sources artificielles.

2° *Inclinaison de la surface du sol.* — En même temps qu'on faisait les observations dont j'ai rendu compte plus haut, on jaugeait le débit du drain collecteur d'une pièce voisine de la première, dont le sol est de même nature, mais dont la pente est plus forte. Cette pente est dans les deux sens d'environ 3 à 3 $^{1}/_{2}$ %, et elle aboutit à un ravin assez abrupt. De plus, cette pièce était presque tout entière en gazon et luzerne, tandis que la première a été plusieurs fois labourée pendant les deux années d'observation. Son drain collecteur a donné :

en 1867 — 221^{m},70, c'est-à-dire les $^{2}/_{3}$ environ de ce qu'a donné l'autre ;
en 1868 — 143^{m},36, c'est-à-dire un peu plus de la moitié de ce qu'a donné l'autre.

Plus l'inclinaison est forte, moins l'alimentation des sources est abondante. Quand la terre est saturée d'eau pendant les périodes de longues pluies, ou bien en tout temps, au moment des averses abondantes, il s'écoule à la surface du sol une grande quantité d'eau qui va rejoindre directement les ruisseaux et les rivières. Il en résulte un régime irrégulier dans ces cours d'eaux; ceux-ci grossissent rapidement quand la pluie tombe; mais ils diminuent également vite, quand la pluie a cessé. Les cours d'eaux à régime régulier correspondent à des terrains perméables et à faibles pentes. Les inondations sont plus fréquentes dans les bassins dont la charpente se compose de roches compactes ou de terrains imperméables et fortement inclinés.

3° *Végétaux qui couvrent le sol.* — La différence entre le débit des drains de la seconde pièce et celui de la première ne provient pas seulement de la différence entre les inclinaisons des surfaces. La plus grande partie de la première a été plusieurs fois rompue et ameublée par la charrue; par conséquent, elle a dû absorber plus d'eau que si elle était restée toujours fermée et couverte par un gazon. D'ailleurs toutes ces plantes, blé, pommes de terre, luzerne, etc., ne puisent pas dans le sol, ni les mêmes quantités d'eau, ni aux mêmes époques de l'année; par exemple, la luzerne donne encore deux coupes, quand déjà le blé a été moissonné.

Quelle est la part qu'ont prise les plantes elles-mêmes dans l'évaporation comparativement à l'évaporation propre du sol? Ces observations ne permettent pas de l'apprécier.

SUR LES

SPECTRES DE QUELQUES GAZ
A DE HAUTES PRESSIONS

PAR

M. A. WULLNER

(Extrait [1].)

Nous avons déjà rendu compte précédemment [2] des recherches entreprises par M. Wüllner sur les différentes formes que le spectre d'un gaz traversé par la décharge électrique est susceptible de revêtir lorsqu'on fait varier la pression de ce gaz ou la température produite par le passage du courant. Dans son premier travail, ce physicien n'avait opéré que sur l'hydrogène, l'oxygène et l'azote à de basses pressions, mais il a dans la suite repris cette étude avec le concours de M. Bettendorff, et l'emploi d'une bobine d'induction beaucoup plus forte que celle qui lui avait servi la première fois lui a permis de rechercher ce que devient le spectre de la décharge électrique lorsqu'on lui fait traverser non plus un gaz raréfié, mais un gaz soumis à une pression plus ou moins élevée.

Il est inutile d'insister ici sur l'intérêt qui s'attache à ces recherches, en particulier si on les rapproche de celles

[1] Ueber die Spectra einiger Gase bei hohem Drucke, von A. Wüllner. (*Poggend. Annalen*, tome CXXXVII, p. 337.)

[2] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXV, p. 191.

de M. Frankland sur les flammes à de hautes pressions. Nous nous bornerons donc ici à l'exposé succinct des principaux résultats obtenus par M. Wüllner dans cette dernière série d'expériences.

Appareil.

L'appareil employé était disposé de manière à ce que l'on pût facilement faire varier la pression dans l'intérieur du tube *spectral* depuis le vide à peu près parfait jusqu'à deux ou trois atmosphères. A cet effet, il se composait essentiellement d'un grand tube en U, présentant deux branches de longueurs inégales : la plus courte, qui avait 770^{mm} environ, portait le tube spectral, la plus longue, qui avait $2^{m},50$ au moins et qui était ouverte à sa partie supérieure, servait à contenir la colonne mercurielle à l'aide de laquelle on comprimait le gaz dans le tube spectral. Au point de jonction de ces deux branches se trouvait un robinet permettant de faire écouler tout ou partie du mercure contenu dans le tube en U. Le tube spectral portait à chacune de ses extrémités un ajutage en verre soudé à la lampe et muni d'un robinet. L'ajutage inférieur, soudé d'après ce qui a été dit plus haut à 770^{mm} au-dessus du coude du tube en U, communiquait avec le gazomètre par l'intermédiaire d'un appareil à boules renfermant de l'acide sulfurique concentré et d'un tube plein d'acide phosphorique. L'ajutage supérieur communiquait avec une pompe pneumatique de Geissler munie d'appareils de dessiccation à acide phosphorique. Le tube spectral avait la forme ordinaire, savoir un tube capillaire très-court, reliant deux tubes plus larges. Il avait deux paires d'électrodes, les unes présentant un écart de 8 centimètres, les autres, placées immédiatement aux extrémités de la

partie capillaire, c'est-à-dire à 16^{mm} l'une de l'autre.

Pour faire l'expérience, il fallait avant tout remplir l'appareil de gaz parfaitement pur et desséché. A cet effet l'on y faisait le vide après avoir fermé le tube en U à l'aide d'une quantité de mercure suffisante pour faire équilibre à la pression atmosphérique; on introduisait après cela du gaz bien desséché, puis on faisait le vide de nouveau, et après avoir répété plusieurs fois de suite cette opération de manière à atteindre à un vide à peu près parfait, on laissait communiquer pendant vingt-quatre heures le tube ainsi évidé avec les appareils de dessiccation de la pompe. Cela étant, on pouvait procéder à l'expérience en faisant rentrer graduellemet dans le tube du gaz parfaitement pur tandis que le courant électrique passait entre les deux électrodes les plus éloignées. Lorsque la pression dans l'appareil était devenue égale à la pression atmosphérique, on l'augmentait en versant du mercure dans la grande branche du tube en U, qui était munie d'une graduation à l'effet de mesurer les variations de pression.

Dans ce dernier travail, comme dans le précédent, l'auteur s'est borné au cas de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

a. — *Hydrogène.*

Aux basses pressions, l'emploi d'une grande bobine de Ruhmkorff, avec six éléments de Grove, donna successivement trois spectres identiques à ceux que nous avons décrits dans l'analyse du premier mémoire de M. Wüllner, à savoir : d'abord lorsque la pression est la plus faible que l'on puisse atteindre avec la pompe de Geissler

un spectre discontinu ou de seconde classe composé de six groupes de raies vertes très-brillantes, ensuite à partir de 1mm environ jusqu'à 2mm ou 3mm un spectre composé de trois lignes brillantes $H\alpha$, $H\beta$ et $H\gamma$ (spectre de seconde classe décrit par Plücker), et enfin quand la pression augmente encore, un spectre continu ou de première classe s'étendant de l'orangé au bleu avec un certain nombre de raies brillantes outre $H\alpha$ et $H\beta$ qui demeurent encore. D'après les nouvelles observations de M. Wüllner, ce spectre subsiste dans tout son éclat jusqu'à 200mm, à partir de là, il pâlit sensiblement, mais conserve sauf cela la même apparence jusqu'à 400mm et même au delà. A 671mm, l'espace compris entre $H\alpha$ et le commencement du vert est presque complétement obscur, le reste du spectre continu est encore assez brillant, quant à la ligne $H\beta$ elle a à peu près disparu, et à sa place on n'aperçoit plus qu'une large bande un peu plus claire que les parties environnantes du spectre.

La pression augmentant encore, le spectre redevient plus lumineux, les parties jaunes et orangées reparaissent peu à peu, la raie $H\alpha$ est toujours très-brillante mais un peu effacée sur les bords, au delà de cette raie s'étend un spectre continu allant de l'orangé jusqu'au violet, et présentant un maximum d'éclat à la place occupée précédemment par $H\beta$. Le spectre conserve toujours ce même aspect jusqu'à 1400mm, seulement il devient beaucoup plus lumineux, il est particulièrement brillant autour de $H\beta$ qui paraît s'être simplement élargie; il en est de même dans le violet où une large bande claire semble avoir pris la place de l'ancienne raie $H\gamma$.

A mesure que la pression augmente, le spectre de l'hydrogène ressemble de plus en plus au spectre abso-

lument continu d'un corps solide incandescent. A 2240^{mm}, c'est-à-dire à près de trois atmosphères, il est presque entièrement assimilable à un spectre solaire qui serait borné aux lignes C et G de Fraunhofer [1], il en diffère seulement par la présence de la raie $H\alpha$ qui est cependant déjà fort élargie et par les maxima d'intensité lumineuse qu'il présente encore là où étaient les raies $H\beta$ et $H\gamma$.

M. Wüllner conclut de ce qui précède qu'à partir d'une certaine densité la température du jet, et avec elle l'intensité lumineuse du spectre croît d'une manière continue, à mesure que la pression du gaz augmente elle-même, de telle sorte que l'on est fondé à admettre qu'en soumettant ce gaz à une pression encore plus forte ou en élevant la température du jet, on obtiendrait un spectre continu sans aucune ligne brillante. C'est ce qu'il a cherché à réaliser par l'emploi d'une bouteille de Leyde introduite dans le circuit induit et qui se déchargeait entre les deux électrodes les plus rapprochées. Avec la bouteille de Leyde, et à mesure que l'on augmente la pression, l'on voit passer le spectre de l'hydrogène à peu près par les mêmes phases que dans le cas où l'on employait une forte bobine de Ruhmkorff, seulement les transformations successives du spectre s'accomplissent plus rapidement. Ainsi, à 300^{mm}, avec la bouteille de Leyde, l'on obtient le même aspect qu'à trois atmosphères avec la bobine d'induction seule. A 560^{mm} le spectre est presque continu, $H\alpha$ n'est plus une raie brillante, mais une large bande rouge et $H\beta$ ne se reconnaît plus même comme précédem-

[1] Avec cette restriction toutefois que le spectre de l'hydrogène aux hautes pressions est un spectre direct ne présentant aucune raie obscure, tandis que le spectre solaire est renversé.

ment, à un maximum d'intensité lumineuse. A 1000^{mm} le spectre devient toujours plus égal, il y a tout au plus un maximum d'éclat là où se trouvait auparavant la raie Hα, la température du jet s'est tellement élevée que la raie du sodium apparaît nettement comme ligne brillante. Enfin, à 1230^{mm} l'éclat du jet est si grand que la raie du sodium est renversée, et apparaît absolument comme la raie D de Fraunhofer dans le spectre solaire. L'on voit par là qu'un gaz incandescent peut produire un spectre renversé pourvu que sa température soit assez élevée, et qu'il n'est pas nécessaire que la source principale de lumière soit un corps solide incandescent.

L'auteur a poussé l'expérience jusqu'à une pression de 1320^{mm} à laquelle la décharge de la bouteille de Leyde devenait discontinue. L'apparence du spectre à cette pression demeura la même, et sa longueur également; dès le début de l'expérience, aux basses pressions, l'on obtient un spectre borné aux lignes Hα et Hγ et ses limites demeurent constantes pendant tout le temps de l'expérience jusqu'aux pressions les plus élevées qui aient été atteintes. Il n'est pas probable que le spectre de l'hydrogène puisse jamais s'étendre au delà, même à des pressions plus élevées, c'est même là un critère bien net qui montre que le spectre continu que nous venons de décrire appartient bien réellement à l'hydrogène, et non point à des particules solides incandescentes, entraînées par le courant.

b. — *Oxygène.*

Ici encore aux basses pressions, M. Wüllner obtint avec la grande bobine de Ruhmkorff et ses six éléments de Grove, des résultats concordant parfaitement avec ceux qu'il

avait obtenus précédemment. A 10^{mm} il observa un spectre de seconde classe identique à celui qu'à décrit Plücker, mais à partir de là, et à mesure qu'il augmentait la pression, ce spectre perdait de plus en plus de son éclat. A 200^{mm} l'on n'apercevait plus guère qu'une petite partie des lignes qui le composent, savoir celles contenues dans le vert et le bleu. Puis à partir de là l'intensité lumineuse du phénomène augmente de nouveau, les lignes du spectre de Plücker reparaissent peu à peu, et en même temps l'on voit apparaître derrière elles un spectre continu, lequel se montre d'abord dans le vert et s'étend ensuite graduellement surtout du côté des rayons les plus réfrangibles. A 650^{mm}: le spectre continu s'étale depuis la raie appelée $O\alpha$ par Plücker, jusqu'au milieu de l'intervalle compris entre les raies G et H de Fraunhofer, il est surtout brillant dans la partie verte où son éclat fait presque disparaître les lignes brillantes du spectre de seconde classe. Celles-ci cependant, contrairement à ce qui avait lieu pour l'hydrogène, ne perdent point la netteté de leur contour et ne s'élargissent point, seulement elles se distinguent moins bien sur un fond qui arrive à être presque aussi brillant qu'elles. Avec la bobine de Ruhmkorff, M. Wüllner n'a pas pu dépasser dans le cas de l'oxygène une pression de 800^{mm}, du reste le spectre continu était demeuré à peu près le même avec un éclat un peu plus égal dans ses différentes parties, et les lignes brillantes ressortaient toujours avec une parfaite netteté sur ce fond lumineux. Encore ici, tout en augmentant d'éclat, le spectre ne s'étai point étendu au delà des limites entre lesquelles il était déjà renfermé aux basses pressions.

L'emploi d'une bouteille de Leyde a donné encore dans ce cas les mêmes résultats que le simple courant induit

seulement à un plus haut degré d'intensité. A 30^{mm} avec la bouteille de Leyde l'on a un spectre continu très-éclairé, tout semblable à celui que le courant induit donnait à 600^{mm}. A mesure que la pression s'accroît, l'éclat du spectre continu et des lignes brillantes augmente dans les mêmes proportions, surtout dans les parties orangée et jaune. Là, comme dans le cas de l'hydrogène, les raies brillantes perdent la netteté de leur contour et semblent s'étaler. A 280^{mm} cette partie du spectre forme un champ continu, tandis que partout ailleurs les raies brillantes subsistent et se dessinent sur un fond un peu moins clair qu'elles. Le phénomène demeure ensuite constant jusqu'à la pression de 540^{mm}, que M. Wüllner n'a pas dépassée dans cette expérience. Les limites du spectre étant restées dans ce cas aussi les mêmes pendant tout le cours de l'expérience, on a la preuve que le spectre continu sur lequel se détachent les lignes brillantes appartient bien réellement à l'oxygène.

Ce gaz se distingue donc nettement de l'hydrogène en ce que c'est dans la partie la moins réfrangible que les raies brillantes de son spectre fondamental s'étalent et disparaissent pour ne laisser qu'un spectre continu, tandis que dans le cas de l'hydrogène c'est d'abord dans la partie la plus réfrangible que ces raies disparaissent. De plus, l'oxygène n'a pas donné comme l'hydrogène de spectre absolument continu sans aucune ligne brillante. Même à des pressions plus élevées encore que celles que nous avons indiquées, et avec une bouteille de Leyde plus grande chargée par une machine de Holtz, les lignes brillantes demeurent parfaitement nettes au moins dans toute la partie la plus réfrangible à partir du vert.

c. — *Azote.*

Pour étudier le spectre de l'azote, l'auteur n'opéra plus cette fois comme précédemment sur de l'air, mais sur de l'azote pur, car à de hautes pressions il était plus que probable que l'oxygène eût exercé sur ses expériences une action perturbatrice qu'il ne peut pas exercer dans de l'air très-raréfié.

Aux basses pressions il obtint, comme précédemment, un beau spectre de première classe, continu et cannelé. A 25^{mm} les cannelures ont déjà disparu partout, sauf dans le vert et le bleu. A mesure que la pression augmente, la partie la moins réfrangible du spectre s'obscurcit de plus en plus et cela jusqu'à ce qu'on ait atteint 260^{mm}; alors il ne reste plus guère du spectre de première classe de l'azote, que les parties bleue et violette qui sont encore cannelées, et déjà l'on aperçoit, dans la partie verte, une raie brillante appartenant au spectre de seconde classe. L'on voit ensuite apparaître un nombre de plus en plus grand de ces raies brillantes, et vers 500^{mm} il y a comme une lutte entre les deux spectres de l'azote. Il est facile de se convaincre qu'ils sont entièrement distincts, et que les raies brillantes du second n'ont aucune liaison avec les cannelures du premier. Quand celui-ci a complétement disparu, il reste un certain nombre de raies brillantes qui se dessinent sur un fond éclairé et continu. Les raies brillantes apparaissent tout d'abord dans la partie la plus réfrangible et seulement en tout dernier lieu dans le rouge. A partir de 600^{mm} et surtout vers 760^{mm}, ce spectre est complet et très-brillant; cette pression n'a pas pu être dépassée avec l'emploi de la grande bobine de Ruhmkorff.

L'on reconnaît facilement que le spectre continu, servant dans ce cas encore de fond aux lignes brillantes, forme partie intégrante du spectre de seconde classe de l'azote, par le fait qu'il s'arrête exactement aux mêmes limites que les raies brillantes. L'auteur n'admet pas non plus qu'il puisse être confondu avec le spectre de première classe de ce gaz, lequel conserve toujours ses cannelures jusqu'au moment où il a entièrement disparu.

L'emploi de la bouteille de Leyde a donné exactement le même spectre avec plus d'éclat dans les couleurs.

En résumé, l'on voit par l'analyse que nous venons de faire du Mémoire de M. Wüllner que le spectre d'un seul et même gaz rendu incandescent par le passage de l'étincelle électrique varie considérablement suivant les circonstances de température et de pression. Le spectre de l'hydrogène affecte quatre apparences bien distinctes, à savoir : le spectre aux six groupes de lignes vertes, le spectre aux trois raies brillantes de Plücker, le spectre continu avec deux de ces trois raies $H\alpha$ et $H\beta$, enfin le spectre absolument continu qui se produit aux hautes pressions. L'oxygène donne aussi quatre spectres différents, savoir : 1° aux dernières limites de pression un spectre de seconde classe composé de cinq groupes de lignes brillantes dans le vert et le bleu; 2° à 1^{mm} et au-dessous un spectre continu composé de larges bandes surtout dans le vert et le bleu; 3° vers 10^{mm} le spectre de seconde classe décrit par Plücker, et 4° enfin aux hautes pressions un spectre continu avec un grand nombre de lignes brillantes persistant dans la partie la plus réfrangible. L'azote présente deux spectres, savoir un spectre continu mais cannelé, aux basses pressions, et

à des pressions élevées un spectre continu, mais sans cannelure et sur lequel l'on voit apparaître un grand nombre de lignes brillantes, d'abord dans le vert et le bleu, et ensuite aussi dans le rouge. Une étude encore plus approfondie montrera si ces spectres sont tous absolument distincts. M. Wüllner est porté à le croire et à admettre par conséquent que le pouvoir émissif des gaz incandescents pour les rayons de différentes couleurs subit des variations brusques à mesure que la pression de ces gaz varie elle-même graduellement. C'est là un point important que les nombreuses observations faites jusqu'ici par M. Wüllner ne suffisent pas à éclaircir.

D'autre part, M. Wüllner a été amené par ce dernier travail à modifier les idées qu'il avait d'abord partagées avec MM. Plücker et Hittorff, et d'après lesquelles les spectres continus ou de première classe correspondaient à une température plus basse que les spectres à raies brillantes. Il semble au contraire, d'après ce que nous venons de voir, que les spectres continus correspondent aux pressions et aux températures les plus élevées, ce qui serait conforme aux observations de M. Frankland sur le spectre de la flamme d'hydrogène à de hautes pressions. Toutefois, c'est là encore un point difficile à vérifier, car l'on a vu plus haut que l'éclat et partant la température du jet électrique ne varient point d'une manière régulière avec la pression du gaz qu'il traverse.

M. Wüllner se propose de reprendre ces recherches, et nous y reviendrons nous-mêmes en temps et lieu.

E. S.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

C. SCHULTZ. UEBER DEN GEFRIERPUNCT, etc. DU POINT DE CONGÉLATION DE L'EAU LORSQU'ELLE RENFERME DES GAZ EN DISSOLUTION ET DE LA REGÉLATION DE LA GLACE. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXVII. p. 252.)

Les corps gazeux, de même que les corps solides ou liquides dissous dans l'eau produisent un abaissement du point de solidification de cette eau. Cela est bien connu pour l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque qui, à cause de l'exception qu'ils présentent à la loi d'absorption des gaz, ne sont pas considérés comme formant une simple dissolution dans l'eau. Le même effet est très-sensible aussi avec l'acide sulfureux et l'acide carbonique, et l'on peut avec certaines précautions arriver à le reconnaître même avec les gaz permanents oxygène, hydrogène et azote.

M. Schultz démontre par une expérience assez élégante que l'eau pure se solidifie à une température à laquelle l'eau renfermant de l'air en dissolution demeure liquide. A cet effet, il introduit dans un ballon de verre muni d'un tube en U de l'eau qui a été préalablement privée par une ébullition suffisamment prolongée de tout l'air qu'elle contenait en dissolution, cette eau est encore isolée de l'air ambiant par un bouchon de mercure. Il plonge ensuite le ballon dans de la glace fondante sur laquelle est dirigé un courant d'air humide et il arrive de la sorte à faire geler une partie de l'eau pure contenue dans ce ballon. Seulement pour que l'expérience réussisse, il faut prendre une précaution : l'eau dans le ballon ne commencerait probablement pas à se solidifier exactement au point normal de congélation de l'eau pure : pour éviter ce retard, quelque petit qu'il doive être, il

convient donc de congeler préalablement une partie de cette eau, et l'œuvre de la solidification se continue ensuite dans l'intérieur du ballon une fois qu'il est plongé dans le mélange de glace fondante et d'eau saturée d'air.

L'abaissement produit dans le point de congélation de l'eau dépend naturellement de la quantité de gaz dissous; l'expérience précédente peut donc réussir même avec un ballon plein d'eau pure en partie congelée et laissée à l'air libre, parce que l'absorption du gaz est très-lente.

M. Helmholtz a fait une expérience analogue destinée à montrer que de l'eau renfermée dans un tube vide d'air et soustraite à la pression atmosphérique se solidifie lorsqu'on plonge ce tube dans de la glace fondante à l'air libre et soumise par conséquent à la pression atmosphérique. Cet effet pourrait bien ne pas tenir uniquement à la différence de pression, mais aussi à la présence de l'air en dissolution dans la glace fondante.

En faisant communiquer le ballon de verre de l'expérience décrite ci-dessus au moyen du tube en U avec une colonne mercurielle, M. Schultz a vu qu'en soumettant l'eau qu'il contient à une pression de trois atmosphères, elle cesse de se solidifier: or trois atmosphères de pression élevent, d'après Thomson, le point de solidification de l'eau de 0.02° C. Ainsi de la glace en contact avec de l'eau saturée d'air à une pression inférieure à une atmosphère, fond à 0.02° au-dessous du point de congélation de l'eau pure privée du contact de l'air à la même pression. L'erreur qui peut provenir de cette cause dans la fixation du 0 des thermomètres ne dépasse donc pas $\frac{1}{50}$ de degré.

L'effet de l'hydrogène est moindre que celui de l'air. De l'eau saturée d'hydrogène gèle lorsqu'on l'introduit dans un mélange de glace fondante et d'eau saturée d'air. D'après les expériences de M. Schultz, l'abaissement du point de congélation est sensiblement proportionnel à la quantité de gaz dissous.

L'eau qui baigne de la glace fondante renferme toujours une certaine quantité d'air en dissolution : or l'auteur croit qu'il faut attribuer à cet air un rôle important dans le phénomène de la regélation. Par le fait du gaz dissous, l'eau et la glace fondante qui s'y trouvent, doivent être à une température un peu inférieure à la température de congélation de l'eau pure ; il doit donc fréquemment, selon lui, se trouver entre deux glaçons de l'eau pure qui vient de se former par fusion de la glace et qui étant refroidie au-dessous de son point de solidification se reprend immédiatement et soude les deux glaçons. E. S.

R. LUDTGE. UEBER DIE AUSBREITUNG, etc. EXTENSION DES LIQUIDES LES UNS SUR LES AUTRES [1]. (*Poggendorff's Annalen*, tome CXXXVII, p. 362.)

Lorsqu'on pose sur la surface d'un liquide une goutte d'un autre liquide qui ne soit pas susceptible de se mélanger avec lui, il peut arriver ou bien que la goutte conserve la forme d'une lentille flottant sur cette surface, ou bien qu'elle s'étende et se répande sur elle en couche très-mince. Le premier cas est celui d'une goutte d'eau posée sur de l'huile, ou d'une goutte d'huile sur de l'alcool, le second celui de l'huile sur de l'eau, ou de l'alcool sur de la glycérine.

L'on reconnaît sans peine que l'épaisseur de la couche liquide sur laquelle on verse une goutte d'une autre substance influe sur l'extension de cette goutte sur sa surface. Si cette épaisseur est suffisamment grande (au moins 1^{cm}), la goutte se répand promptement en formant une couche très-mince, trop mince même en général pour produire le phénomène des anneaux colorés. Lorsqu'elle est très-petite, 1^{mm} à 5^{mm} et même moins, la goutte, en s'étendant, creuse en son centre la surface liquide, parfois même jusqu'à mouiller

[1] Travail exécuté dans le laboratoire de M. Magnus à Berlin.

le fond du vase en chassant en ce point le liquide qui le recouvrait auparavant. La nature de la substance dont est fait le fond du vase n'influe pas sur la position relative que prennent dans ce cas les deux liquides, il ne semble donc pas qu'elle dépende de l'adhésion différente des deux liquides sur le fond. M. Ludtge fait ressortir ce point encore plus clairement par l'expérience suivante, dans laquelle il élimine complétement le vase de façon à ce que l'adhésion ne puisse plus être invoquée. Sur une lamelle d'huile maintenue par un cadre circulaire en fil de fer, l'on pose une goutte d'eau de savon; il se forme de cette façon une lamelle circulaire d'eau de savon qui s'étend peu à peu dans l'intérieur de la lamelle d'huile jusqu'à remplir le cadre tout entier, tandis que l'huile est repoussée sous forme de petites gouttelettes qui demeurent adhérentes au fil de fer. L'on peut aussi produire tout d'abord dans le cadre une lamelle d'eau, chasser celle-ci par une petite goutte d'huile délicatement posée sur elle et qui s'étend sur le cadre à sa place, enfin, remplacer cette lamelle d'huile par une autre d'eau de savon, comme nous venons de le voir. L'on pourrait évidemment opérer encore de la sorte avec toutes les substances qui sont susceptibles de s'étendre ainsi l'une sur l'autre ; mais cela n'est pas facile, parce qu'il en est qui ne peuvent pas s'étendre en lame mince sur un châssis. Pour ces liquides-là on fera l'expérience en remplaçant la lame suspendue par la lame presque aussi mince et aussi tendue qu'ils forment en s'étendant sur une plaque de verre bien propre.

L'on peut encore étendre l'une des deux substances en lame mince sur un autre liquide, puis opérer avec la lame ainsi produite comme avec la lame suspendue. Ces deux derniers procédés ont même un avantage sur l'emploi d'un châssis, c'est que la surface de contact entre les deux liquides est plus petite, et qu'ils se mélangent ou se combinent moins facilement, l'expérience est de la sorte facilitée dans bien des cas.

L'auteur a étudié à ce point de vue-là un grand nombre de substances. Il a trouvé que c'est un fait excessivement général, et qu'il n'y a en quelque sorte aucun liquide, excepté le mercure, qui n'ait la faculté de s'étendre en lame mince sur un grand nombre de liquides, et à l'égard duquel d'autres substances ne jouissent pas de la même propriété. Voici les principaux résultats auxquels cette étude l'a conduit :

1° Lorsqu'un liquide est susceptible de se répandre en lame mince sur la surface d'un autre liquide, il ne peut pas se faire que le second s'étende de la sorte sur le premier.

2° Sur deux des substances qui ont été étudiées il s'en est toujours trouvé une qui était susceptible de s'étendre sur l'autre.

3° L'on peut ranger ces substances dans un ordre tel que chacune d'elles jouisse de la faculté de s'étendre sur toutes celles qui la suivent.

4° La rapidité avec laquelle se fait cette extension est à peu près proportionnelle à l'intervalle qui sépare ces deux substances dans le tableau.

5° L'ordre de ces substances dans ce tableau est le même que celui dans lequel elles se suivent pour la valeur de leur constante de capillarité.

6° Pour que l'extension d'un liquide en lame mince sur la surface d'un autre puisse s'accomplir, il faut que leur adhésion l'un pour l'autre soit plus grande que la cohésion de celui d'entre eux chez qui elle est le plus faible ; cette condition étant remplie, le liquide jouissant de la plus faible cohésion pourra s'étendre sur l'autre.

7° Une goutte du liquide qui a la plus grande cohésion flotte au contraire toujours sous forme de lentille à la surface de l'autre et se recouvre d'une couche mince de ce dernier liquide.

8° L'extension se fait d'autant plus facilement que les deux liquides ont moins de tendance à se mélanger, et que la différence de leurs cohésions est plus grande.

9° L'on peut produire l'extension en lame mince d'une substance sur elle-même en posant sur sa surface des gouttes de cette même substance élevée à une température sensiblement supérieure à celle de la masse liquide.

En conséquence de ce qui précède, on voit donc que plus la cohésion d'un liquide est grande, plus il est difficile de maintenir sa surface parfaitement propre. C'est le cas de l'eau, par exemple, sur laquelle presque tous les liquides sont susceptibles de s'étendre.

Les substances sur lesquelles l'auteur a opéré sont les suivantes, rangées dans un ordre tel que chacune d'elle puisse s'étendre en lame mince sur celle qui la suit: l'on voit par les chiffres placés à côté que cet ordre est le même que celui dans lequel elles se rangent pour les valeurs de leur constante de capillarité : l'on a indiqué également les noms des auteurs auxquels ces chiffres ont été empruntés.

Éther sulfurique	1.89	Frankenheim.
Éther acétique	2.292	
Alcool	2.496	
Benzine	2.78	
Essence de térébenthine	2.78	
Eau de savon	2,8	Plateau.
Acide acétique	2.884	Bède.
Huile de pavot	3.05	Guthrie.
Sulfure de carbone	3.31	
Dissolution de potasse	—	
Glycérine	4	Plateau.
Acide azotique	6,026	Frankenheim.
Acide sulfurique	6,623	
Acide chlorhydrique	7.026	
Ammoniaque	—	
Sulfate de cuivre	—	
Eau	7.58	Frankenheim.
Chlorhydrate d'ammoniaque	—	
Dissolution de chlorure de fer	—	

E. S.

G. MAGNUS. UEBER EMISSION UND ABSORPTION. etc. DE L'ÉMISSION ET DE L'ABSORPTION DE LA CHALEUR ÉMISE PAR LES CORPS A DE BASSES TEMPÉRATURES. (*Monatsberichte der königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin.* Juni 1869, p. 482.)

M. Magnus a communiqué à l'Académie de Berlin dans sa séance du 17 juin dernier, les principaux résultats d'un important travail qu'il avait entrepris sur l'émission et l'absorption de la chaleur obscure par différents corps; nous nous empressons de les reproduire ici, nous réservant de revenir plus longuement sur le Mémoire de l'illustre physicien allemand lorsqu'il aura paru *in extenso.* Quoi qu'il en soit, voici quelles sont les conclusions de son travail telles qu'elles se trouvent résumées dans les mémoires de l'Académie de Berlin :

1° La plupart des corps, chauffés jusqu'à 150°, émettent des rayons calorifiques de réfrangibilités très-différentes.

2° Il y a cependant aussi des corps qui n'émettent qu'une seule espèce de chaleur, et que M. Magnus appelle *monothermiques.*

3° Ce savant a reconnu qu'au nombre de ces derniers il faut ranger avant tout le sel gemme lorsqu'il est parfaitement pur. A 150° et aux températures inférieures ce corps n'émet qu'une seule espèce de rayons calorifiques, de même que ses vapeurs ou plutôt celles de l'un de ses éléments, le sodium, n'émettent que des rayons lumineux d'une seule couleur, lorsqu'elles sont incandescentes. Le sel gemme est *monothermique* comme ses vapeurs sont monochromatiques.

4° En conséquence de ce fait et conformément à la loi de proportionnalité du pouvoir émissif et du pouvoir absorbant, le sel gemme absorbe en très-grandes proportions les rayons calorifiques émis par lui-même, tandis qu'il absorbe beaucoup moins les rayons émis par d'autres corps. Il ne laisse donc pas passer également les rayons calorifiques de diffé-

rentes couleurs, il n'est pas athermochroïque comme l'avaient cru Melloni et Knoblauch.

5° L'absorption de chaleur par le sel gemme augmente avec l'épaisseur de la plaque traversée par les rayons calorifiques.

6° La diathermansie de ce corps ne provient pas de ce qu'il possède un faible pouvoir absorbant pour les différentes espèces de rayons calorifiques, mais seulement du fait qu'il n'émet qu'une seule espèce de chaleur et que par conséquent il n'absorbe non plus que les rayons de cette seule espèce. lesquels sont en très-petit nombre.

7° La sylvine ou chlorure de potassium se comporte d'une manière analogue. mais elle n'est pas comme le sel gemme absolument monothermique. Encore ici il y a analogie entre le pouvoir émisssif de la sylvine pour les différentes espèces de chaleur obscure, et le pouvoir émissif des vapeurs de sylvine ou de potassium incandescentes ; car ce métal donne, on le sait, un spectre restreint, mais presque continu

8° Le spath d'Islande absorbe presque complétement la chaleur émise par le sel gemme pur. Il semble donc que les rayons calorifiques qui en émanent devraient être fortement absorbés par le sel gemme. L'auteur a constaté néanmoins qu'ils passent dans la proportion de 70 % à travers une plaque de sel gemme de 20^{mm} d'épaisseur. Ce fait s'explique facilement en ayant égard à ce que la chaleur émise par le spath d'Islande est plus du triple de celle qu'émet le sel gemme. Néanmoins c'est là un point qui exige une étude plus approfondie.

9° S'il était possible de produire un spectre avec la chaleur que les différents corps émettent à 150°, l'on obtiendrait donc avec le sel gemme un spectre composé d'une seule bande. et avec la sylvine un spectre un peu plus étalé mais ne renfermant cependant qu'une très-faible partie des rayons contenus dans le spectre calorifique complet qui serait fourni par une surface recouverte de noir de fumée et élevée à la même température.

E. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Rud. Arndt. Studien, etc. Études sur l'architectonique de la couche corticale du cerveau. (*Archiv für mikr. Anat.*, Band III, 1867, p. 441 et 1 pl. ; Band IV, 1868, p. 406-522 et 1 pl. ; Bd V, 1869, p. 317-331 et 1 pl.) — Max Schultze. Allgemeines, etc. Généralités sur les éléments de structure du système nerveux. (*Stricker's Handbuch der Lehre von den Geweben*, 1868, Cap. III.) — Meynert. Der Bau, etc. La structure de la couche corticale du cerveau. (*Vierteljahrschr. für Psychiatrie*, I, 1868, avec 5 pl.) — Besser. Zur Histogenese, etc. Sur l'histogénèse des éléments nerveux dans les organes centraux. (*Archiv für path. Anat.*, Band XXXVI, p. 307.) — Frommann. Zur Structur, etc. Sur la structure des cellules ganglionnaires du prosencéphale. (*Archiv für path. Anat.*, Band XXXII.) — Courvoisier. Ueber die Zellen, etc. Observations sur le cordon sympathique des grenouilles. (*Archiv für mikr. Anat.*, IV, p. 125.) — Schwalbe. Ueber den Bau, etc. Sur la structure des ganglions spinaux et remarques sur les cellules du grand sympathique. (*Ibid.*, 1868, p. 45.) — Al. Koschennikoff. Axencylinderfortsatz, etc. Sur le prolongement fournissant le cylindre d'axe dans les cellules du cervelet du veau. (*Ibid.*, 1869, V, p. 332.) — Le même. Axencylinderfortsatz, etc. Sur le prolongement fournissant le cylindre d'axe dans les cellules ganglionnaires de la substance corticale du cerveau. (*Ibid.*, 1869, p. 374.) — Grandry. De la structure intime du cylindre de l'axe et des cellules nerveuses. (*Journal de l'anatomie et de la physiol.*, 1869, p. 289.)

Une série de travaux remarquables tend à modifier profondément nos idées sur la structure intime des éléments du système nerveux. Les résultats de ces nouvelles recherches

sont exprimés de la manière la plus décidée dans les contributions fournies par M. Max. Schultze au traité d'histologie qui se publie dans ce moment sous la direction de M. Stricker. D'après les résultats concordants de ces diverses recherches, les éléments constitutifs des fibres nerveuses seraient des *fibrilles primitives*, filaments fort déliés, reconnaissables seulement à l'aide d'un grossissement de huit cents diamètres au moins. Par leur agrégation, ces fibrilles primitives forment les faisceaux connus jusqu'ici sous le nom de cylindres d'axe nus. Ces faisceaux peuvent s'entourer d'une tunique médullaire et d'une gaîne de Schwann pour constituer les fibres nerveuses connues de chacun. A cette découverte importante sont attachés des noms marquants dans l'histologie, car en outre de celui de M. Max Schultze, il faut signaler ceux de MM. Frommann, Babouchine, Arndt, Schwalbe et autres. Cette structure n'est d'ailleurs point restreinte aux fibres nerveuses, mais s'étend en outre aux cellules ganglionnaires.

La forme des cellules ganglionnaires n'avait pas été suffisamment étudiée jusqu'ici. Dans l'écorce cérébrale, MM. Meynert, Arndt, Koschennikoff et d'autres trouvent aux cellules ganglionnaires une forme constamment pyramidale. La base des pyramides est toujours dirigée vers le centre et le sommet vers la périphérie. De ce sommet part un prolongement plus gros que tous les autres, mais sur le sort duquel les histologistes ne sont pas d'accord.

Les recherches sur le développement histologique du système nerveux pourront peut-être jeter un jour nouveau sur la nature des éléments constitutifs de ce système. Les histologistes sont en particulier loin d'être d'accord sur la trame granuleuse du système nerveux central, trame à laquelle on a donné des noms divers, tels que ceux de *reticulum*, de *nevroglia*, de *glia*, etc. Les uns y voient une substance nerveuse, les autres une variété du tissu connectif. M. Besser a le premier cherché à vider la question par l'étude des éléments nerveux cérébraux chez le nouveau-né. Il a trouvé

qu'au moment de la naissance le développement de la névroglia est énorme et que ce tissu, composé de nucléus et d'un réseau de fibrilles granuleuses, devient par ses transformations la souche de tous les éléments qu'on trouve plus tard dans le cerveau. La différenciation des éléments nerveux est précédée partout de la formation de vaisseaux capillaires sur une grande échelle. Les noyaux des cellules nerveuses sont le résultat d'une transformation des nucléus de la glia; le corps même des cellules résulte d'une transformation des réseaux fibrillaires de cette même glia, qui sont aussi l'origine des cylindres d'axe des fibres nerveuses. Un tel mode de formation ne laisse point de place pour une membrane propre des cellules nerveuses. D'ailleurs la plupart des histologistes actuels n'hésitent pas à la proscrire. Ce mode de génération rend compte de la structure fibrillaire que tant d'auteurs, surtout depuis les travaux de Frommann et de Beale, ont reconnu dans les cellules ganglionnaires des régions les plus diverses du système nerveux. Cette structure n'est nullement le résultat d'une coagulation produite par les réactifs employés, car elle est plus facile à reconnaître dans les préparations fraîches que dans celles qui ont été durcies par des procédés divers. Les prolongements naissant de ces cellules généralement multipolaires, ne sont que des faisceaux de fibrilles primitives.

Quelques-uns de ces faisceaux s'unissent-ils directement avec le noyau de la cellule ganglionnaire ou non? Cette question préoccupe beaucoup aujourd'hui les histologistes. Harless l'a résolu par l'affirmative, il y a déjà plus de vingt ans, à la suite de recherches sur l'organe électrique de la torpille. Puis vinrent MM. Axmann, Lieberkühn, Guido Wagner, Owsjannikow, qui soutinrent aussi de la manière la plus positive l'union de fibres nerveuses avec les noyaux de cellules ganglionnaires. Ils trouvèrent, il est vrai, d'ardents contradicteurs dans Rud. Wagner et MM. Valentin et Stilling qui ont fait accepter par la majorité des histologistes l'absence

de toute relation directe entre le noyau des cellules et les fibres ou prolongements naissant du corps de ces cellules. Cependant, en 1864, M. Frommann fit revivre la discussion par ses recherches sur les cellules motrices de la région lombaire de la moëlle. Il décrivit tout un système de fibres, les unes plus fines, les autres plus grosses, qui non-seulement aboutissent au noyau, mais encore pénètrent dans celui-ci jusqu'au nucléole. Selon cet auteur, des filaments très-fins qu'il appelle *filaments nucléolaires* (Kernkörperchenfäden), traversent le noyau pour se répandre dans le corps de la cellule ; une partie d'entre eux seraient enveloppés d'une sorte de gaîne fournie par un prolongement du nucléus, gaîne qu'il appelle par suite *tube nucléaire* (Kernröhre). Peu de temps après M. Arnold publia des observations très-analogues, relatives aux cellules ganglionnaires du sympathique chez les grenouilles. MM. Hensen, Kollmann, Arnstein, Courvoisier, Guy et Bidder ont observé également ces filaments dans les cellules du sympathique. D'un autre côté M. Arndt, qui a vu aussi une sorte de fil en communication avec le nucléus, prétend qu'il ne naît pas du nucléus lui-même, mais d'une zone plus claire qui enveloppe celui-ci. L'union de ce filament avec le nucléole serait alors une simple apparence résultant d'une illusion d'optique. C'est ce que semble avoir déjà compris Harless dès l'année 1846. « La fibre nerveuse, disait-il, ne pénètre jamais dans la cellule ganglionnaire par le plan du plus grand cercle de celle-ci ; mais elle décrit toujours un petit arc pour se rendre au nucléus ; aussi lorsqu'on place ce dernier au foyer, voit-on toujours la section de la fibre se projeter comme un nucléole sur le nucléus. » Quoi qu'il en soit de toutes ces observations, la pénétration de fibres dans l'intérieur des cellules nerveuses, semble moins inexplicable aujourd'hui que le corps même de ces cellules est reconnu formé uniquement par des fibrilles extrêmement ténues, enchevêtrées en sens divers. La question promet d'ailleurs de n'être pas vidée

de sitôt, car nous voyons aujourd'hui M. Grandry décrire, soit dans les cylindres d'axe, soit dans les cellules nerveuses elles-mêmes, des stries transversales qui peuvent être rendues très-distinctes par l'action du nitrate d'argent. Il y aurait ici une alternance régulière de deux espèces de disques, différents soit par leurs propriétés réfringentes, soit par leurs caractères chimiques. Comme M. Grandry ne nie point pour cela les fibrilles longitudinales, il est obligé d'admettre pour les nerfs une structure fort voisine de celle des fibres musculaires.

Les cellules ganglionnaires sont donc de véritables pelotons de fibrilles. On se demande involontairement avec M. Arndt si cette structure peut se concilier avec le rôle qu'on attribue d'ordinaire à ces organes. Jusqu'ici ces cellules ont passé pour les points centraux de toute irritation nerveuse, pour les foyers qui donnent naissance à tous les phénomènes nerveux. Les découvertes dont nous venons de rendre compte ne permettent plus guère de les considérer que comme des points de concentration des irritations venant en sens divers, destinés peut-être à les transmettre en d'autres lieux. Dans l'état actuel de la science, la substance finement fibrillaire et granuleuse de la couche corticale du cerveau, et sans doute de toute substance grise, semble devoir être considérée comme un tissu essentiellement irritable. Les irritations de ce tissu sont transmises par les fibrilles jusqu'aux cellules ganglionnaires qui, après les avoir concentrées, les transmettent aux cylindres d'axe auxquels elles donnent naissance. C'est ainsi du moins que les choses doivent se passer pour les appels centrifuges de l'activité nerveuse. Mais il est clair que le mouvement doit avoir lieu en sens inverse pour les irritations centripètes. Ces irritations accumulées dans les cellules nerveuses sont distribuées par les prolongements de celles-ci à la matière fibrillaire et finement granuleuse de la substance grise. Cette matière paraît devoir jouer dorénavant un rôle important dans les théories physiologiques et il

est urgent de lui donner un nom. Celui de « réseau fibrillaire terminal, » proposé par M. Stephany, est peut-être le meilleur. Bien que placé dans le centre nerveux, ce réseau est en effet terminal, en ce sens que tous les éléments nerveux finissent par y aboutir. Sans doute il ne faudrait point trop diminuer l'importance des cellules ganglionnaires, mais il faut convenir qu'elle a peut-être été exagérée. Dans les premiers jours qui suivent la naissance, il n'existe encore dans le cerveau aucune fibre nerveuse et aucune cellule ganglionnaire, mais seulement des éléments de la substance finement fibrillaire et granuleuse avec ses noyaux, et pourtant il y a, déjà à cette époque, transmission d'ordres du centre à la périphérie.

M. Arndt, le principal avocat de l'importance de la substance fibrillaire dans la couche corticale grise de l'encéphale, n'étend pourtant pas cette importance à tout le réticulum de la base de l'encéphale et de la moëlle épinière. Il continue de regarder ce réticulum comme de nature conjonctive et, même dans celui du cerveau, il distingue des éléments nerveux et des éléments connectifs. M. Besser, nous l'avons déjà dit, décrit la névroglia, si développée chez l'enfant à sa naissance, comme produisant par la suite de son évolution non-seulement les éléments nerveux, mais encore les vaisseaux de l'encéphale. Cette manière de voir est énergiquement repoussée par M. Arndt. D'après cet observateur les vaisseaux de la couche corticale grise, comme ceux des hémisphères tout entiers, doivent leur formation à des cellules fusiformes qui n'ont rien à faire avec les éléments nerveux proprement dits. La pie-mère cérébrale est une membrane de formation fort tardive, car elle n'existe pas encore comme telle au cinquième mois de la vie fœtale. Sa formation est en relation directe avec celle des vaisseaux.

E. C.

Dr Semper. Voyages dans l'Archipel des Philippines. (*Reisen im Archipel der Philippinen*, 2ter Theil. 1ter Band. *Holothurien*. Heft IV u. V. Leipzig. 1868. grand in-4°.)

Nous avons précédemment rendu compte du premier volume des voyages de M. Semper, consacré aux Holothuries. Depuis lors l'auteur a complété ce volume par deux livraisons supplémentaires ornées de quatorze belles planches et consacrées soit à l'étude anatomique des Holothuries, soit à des considérations générales sur le système et l'histoire géologique présumée de ce groupe. Examinons brièvement les points les plus intéressants de ces nouvelles recherches.

Dans les tentacules buccaux des Holothuries, le vaisseau aquifère parcourant l'axe doit être considéré comme l'homologue des vaisseaux radiaires de la peau. En effet, les vaisseaux secondaires en naissent, exactement comme ceux qui se rendent aux pieds naissent des vaisseaux radiaires cutanés. Les différences qu'on observe dans les deux cas, résultent de la position relative des parties. Le long des vaisseaux radiaires, les pieds ne peuvent forcément naître que d'un seul côté, tandis que les appendices peuvent se former tout autour des vaisseaux centraux des tentacules. Les vésicules ambulacraires qu'on trouve sans exception aux pieds, existent aussi aux tentacules des Aspidochirotes. Ces organes fonctionnent d'ailleurs comme organes moteurs aussi bien que les pieds, ce sont même les seuls organes du mouvement chez beaucoup de Synaptides. M. Pourtalès raconte déjà d'une Synapte qu'elle se suspend aux parois de l'aquarium à l'aide de ses tentacules, tandis que son corps plonge librement dans l'eau. Les tentacules servent d'ailleurs aussi à la préhension de la nourriture. comme MM. Jæger et Pourtalès l'ont déjà vu. On sait que les Synaptes et les Holothuries introduisent à tour de rôle leurs tentacules dans la bouche. Toutes les parties étrangères attachées à ces organes sont

alors retenues dans la cavité buccale. Quelquefois les tentacules sont armés de ventouses. Chez une espèce du genre Anapta, M. Semper trouve ces ventouses recouvertes d'un épithélium vibratile. Ce fait mérite d'être relevé : car c'est le seul exemple de cils vibratiles jusqu'ici connu à la surface de la peau des Holothuries.

L'intestin est fixé à la paroi du corps par trois mésentères. Le mésentère dorsal, selon la découverte de M. Selenka, renferme toujours les canaux efférents des organes reproducteurs. Il contient en outre souvent une cavité en communication avec la cavité périviscérale : c'est un sinus aquifère, très-aplati, qui paraît avoir des relations intimes avec l'appareil générateur. Dans l'intestin, M. Semper décrit des replis de la muqueuse, formant des rangées de feuillets transversaux qui sont développés surtout chez les Aspidochirotes. Ce savant y voit des branchies internes comparables aux branchies rectales des larves de libellules. On sait que chez une foule d'invertébrés aquatiques un courant d'eau est aspiré rhythmiquement par l'intestin à travers l'anus. Chez les Holothuries on n'a pas encore observé ce fait et l'on admet généralement que le courant d'eau pénétrant dans le cloaque, passe dans les poumons : mais cela n'est vrai qu'en partie Chez une espèce très-transparente du genre Haplodactyla, M. Semper a pu observer, sans lésion de l'animal, que l'eau passe, en partie tout au moins, dans l'intestin et remonte jusqu'à l'estomac qu'elle dilate. Il n'y a donc rien d'improbable à ce que le sang qui circule dans les plis de la muqueuse intestinale, soit modifié par le courant d'eau qui baigne ces plis.

L'épithélium externe, partout où il recouvre le canal intestinal, présente toujours des cils vibratiles. L'épithélium du mésentère, chez les Holothuries pulmonifères, vibre également, ce qui n'a pas lieu chez les Synaptides. Cet épithélium vibratile est en continuité avec celui des sinus aquifères.

L'auteur décrit avec soin le système vasculaire sanguin des

Holothuries et il se prononce en faveur de l'opinion exprimée jadis par Tiedemann sur la direction de la circulation. Le sang chemine d'arrière en avant dans le vaisseau ventral le long de la première anse intestinale ; il se répand dans le réseau du pli stomacal ventral et, de là, dans la région pharyngienne, puis il revient du côté dorsal, fournissant le réseau des organes générateurs et de la paroi de l'estomac, d'où il gagne le système vasculaire du poumon. Le sang renferme toujours deux formes de corpuscules cellulaires, dont l'une présente des mouvements amœboïdes. Le liquide du sang est souvent coloré. M. Semper saisit cette occasion pour combattre l'assertion de M. Milne Edwards, que les corpuscules du sang des mollusques sont toujours incolores. Chez la plupart des Arches, comme Poli l'a déjà vu, ces corpuscules sont d'un beau rouge.

Il faut considérer toute la cavité du corps comme faisant partie du système aquifère. Les vaisseaux aquifères cutanés manquent aux Synaptides ; en revanche, ils existent bien chez les Molpadides où Müller les a pris pour des vaisseaux sanguins. Les entonnoirs vibratiles des Synaptides appartiennent bien à la cavité du corps, mais ne sont en relation avec aucun canal, et l'auteur nie complètement leur homologie avec les organes segmentaires des vers. La manière dont l'eau pénètre dans le système aquifère est complètement inconnue [1], car les cinq ouvertures décrites par M. de Quatrefages auprès de la bouche, n'existent certainement pas. Il serait possible pourtant qu'il existât une communication avec l'extérieur au cloaque. L'expulsion des viscères a lieu chez toutes les Holothuries de la même manière. L'intestin se rompt immédiatement derrière l'anneau vasculaire et c'est toujours la partie antérieure de l'intestin qui sort la première du cloaque, par un trou dans la paroi de celui-ci.

[1] Nous verrons pourtant plus loin, à propos des poumons, que ces organes établissent peut-être une communication de la cavité du corps avec le monde extérieur.

L'expulsion des organes de Cuvier a lieu exactement de la même manière. Ces organes ne sont point tubulaires, mais solides. et sont fixés sur un tube creux dont la cavité s'ouvre directement dans celle du poumon ou du cloaque. Lorsqu'un organe de Cuvier s'est attaché à un corps étranger, ce pédoncule se rompt et l'on peut assurer que c'est toujours l'extrémité libre de ces organes qui sort la première en perçant la paroi du cloaque. Il ne s'agit point là d un phénomène maladif. Une *Holothuria impatiens* légèrement irritée à l'anus projette vivement quelques organes de Cuvier, comme des balles déchargées d'un fusil, et toujours l'extrémité libre en avant. Lorsque les organes ne trouvent pas à s'attacher à des corps étrangers, ils restent suspendus dans l'eau et une certaine force est nécessaire pour les détacher de leurs pédoncules qui ne sont point encore rompus. Il faut donc, dans ce cas, que la paroi du cloaque ait été percée. Mais n'y aurait-il pas là une ouverture préformée qui se serait jusqu'ici soustraite aux recherches? Quant à la question si souvent discutée de l'existence ou de l'absence de communication entre le système vasculaire sanguin et le système vasculaire aquifère. elle reste ouverte comme par le passé. M. Kowalewsky a. il est vrai, voulu établir récemment. comme jadis Delle Chiaje. l'existence de cette communication, mais M. Semper montre que ses arguments ne sont pas probants.

Le poumon des Holothuries pulmonaires a été parallélisé à juste titre par M. Gegenbaur avec les cœcums intestinaux interradiaires des Astérides. Ces cœcums manquent chez certaines Astérides et ce fait doit être rapproché de l'absence de poumons chez les Synaptides. M. Semper pense que chez les Holothuries dépourvues de poumon, cet organe est remplacé par les entonnoirs vibratiles si bien connus chez les Synaptes et les Chirodotes. Il est vrai que cette analogie n'est guère facile à établir, les fonctions des deux espèces d'organes étant encore fort problématiques. L'auteur insiste sur le fait que, parmi les Géphyriens, considérés encore par lui comme

proches parents des Holothuries, il existe deux groupes, dont l'un, celui des Echiurides, est muni de poumons, tandis que l'autre, celui des Siponcles, en est dépourvu, mais possède en revanche des entonnoirs vibratiles à l'intestin et au mésentère. Ces entonnoirs seraient identiques avec les corps vibratiles *en forme de pots* décrits par MM. Ehlers et Keferstein.

M. Semper croit avoir observé une petite ouverture à l'extrémité de chaque branche du poumon. Il pense que la dilatation du corps plus ou moins rhythmique qu'on observe chez les espèces très-molles, n'est pas due à la seule dilatation des deux arbres pulmonaires, mais qu'une partie de l'eau pénétrant dans les poumons par le cloaque, passe de là par les ouvertures terminales dans la cavité périviscérale. Cette opinion est, il est vrai, très-hypothétique, puisque l'auteur n'a jamais réussi à démontrer les ouvertures des ramuscules pulmonaires par des injections. M. Semper suppose d'ailleurs que le courant d'eau pénètre en partie dans l'intestin, en partie dans le poumon droit, mais jamais dans le poumon gauche et que celui-ci servirait seulement à l'expiration de l'eau accumulée dans la cavité périviscérale. De là la différence de volume des deux poumons. En faveur de cette opinion, on pourrait citer le fait que les parasites des poumons, tels que les Pinnothères et les Fierasfer n'habitent jamais que le poumon droit.

La force adhésive si remarquable des organes de Cuvier n'est nullement due, comme on pourrait le croire, à l'existence de petits crocs microscopiques. C'est un tissu mou qui possède cette faculté agglutinante si remarquable. M. Semper considère ces organes comme des armes défensives, sauf pourtant dans le genre Mülleria, où ils ne sont jamais expulsés et n'offrent pas de propriétés adhésives. Peut-être aussi faut-il y voir des organes excitateurs, annexes de l'appareil générateur. Il n'est dans tous les cas pas possible de les considérer comme des glandes et d'en faire avec M. Leydig l'homologue des reins. Il serait bien plus naturel de chercher

dans les prétendus poumons les homologues de l'organe de Bojanus et en général des reins des mollusques, servant comme ceux-ci, d'une part à l'excrétion des substances azotées, d'autre part à l'introduction d'eau dans l'organisme.

Les Holothurides ont des sexes séparés comme les autres Echinodermes. Seuls les Synaptides et les Molpadides font par leur hermaphrodisme une singulière exception à cette règle. Les œufs présentent toujours le micropyle découvert par M. Müller. M. Leydig a prétendu que cette ouverture est le vestige du point d'attache de l'ovule à la paroi du follicule. Toutefois M. Semper montre que le micropyle se forme au contraire au pôle de l'œuf opposé au point de contact avec le follicule.

Les nerfs radiaires, qu'on a appelés aussi les cerveaux ambulacraires, sont de larges rubans enfermés dans une gaîne et séparés du vaisseau aquifère ambulacraire par une mince paroi. M. Baur leur a attribué une structure extrêmement simple : ce seraient des tubes cellulaires dépourvus de substance intercellulaire et totalement privés de fibres nerveuses. M. Semper montre au contraire que leur structure est fort complexe. Le système nerveux des Holothuries pulmonées est formé d'un double système de fibres : l'un entièrement solide, consistant en une couche de cellules externes et une masse centrale fibrillaire, forme les nerfs des tentacules, l'anneau nerveux et les nerfs radiaires; l'autre est tubulaire et forme cinq tubes rayonnants qui cheminent entre chacun des nerfs du premier système et le vaisseau aquifère correspondant. Les prétendus organes auditifs décrits par M. Baur chez les Synaptides ne paraissent guère pouvoir jouer ce rôle.

Relativement au squelette interne des Holothuries, on sait que Müller comparait l'anneau calcaire à la lanterne d'Aristote des Echinides. M. Baur a rejeté avec raison cette prétendue homologie pour comparer l'anneau calcaire des Holothuries avec les auricules des oursins. Déjà en 1850, Müller

assimilait ces auricules aux vertèbres des Astérides, mais plus tard il abandonna cette comparaison et considéra les ambulacres des Echinides comme totalement différents de ceux des Étoiles de mer. M. Semper croit pourtant pouvoir revenir à l'opinion première du grand anatomiste. Supposons, dans la coque de l'Oursin, des auricules sur chaque plaque ambulacraire: nous obtiendrons une rangée de doubles pièces qui auront avec le nerf et le vaisseau aquifère exactement les mêmes relations de position que les pièces vertébrales des Astéries. C'est là ce qu'on voit réalisé déjà en partie chez les Cidaris. Si l'on suppose en outre que les plaques ambulacraires disparaissent chez l'Oursin, l'identité complète avec les Astéries se trouvera établie. Les Astérides sont en effet dépourvues de plaques ambulacraires. On retrouve au contraire ces organes dans les plaques ventrales impaires des Ophiures que Müller considérait comme des pièces tout à fait particulières, n'ayant d'homologue chez aucun autre Echinoderme. Müller avait donc raison de dire que les Astérides ne possèdent qu'un squelette interne. M. Gegenbaur considère, tout au contraire, le squelette de tous les Echinodermes comme cutané. Il est nécessaire de s'entendre ici sur les termes. Si l'on range dans le squelette cutané seulement les pièces qui se forment par une ossification du corium, comme les os cutanés des poissons et les pièces osseuses de la carapace des tortues, on ne peut ranger dans ce groupe ni l'anneau calcaire des holothuries, ni les vertèbres des Astérides, ni les auricules des Oursins. En effet, M. Semper montre que toutes ces pièces apparaissent dans un tissu connectif formé chez l'embryon entre le feuillet interne et le feuillet externe. Même les autres plaques du squelette des Astéries, comme toutes les plaques de la coque des Oursins, paraissent appartenir au squelette interne et point à l'externe. On pourrait en citer pour preuve le fait que les muscles des pédicellaires et des piquants mobiles sont placés à l'extérieur des plaques. D'ailleurs il ne manque ni aux

Oursins ni aux Astérides, des particules calcaires susceptibles d'être comparées aux corpuscules calcaires des Holothurides. Ce sont les granulations qui recouvrent souvent les plaques du squelette proprement dit, sans former jamais de tout continu.

Le grand nombre d'Holothuries observées par M. Semper lui a permis d'asseoir la classification sur des bases plus solides que cela n'avait eu lieu jusqu'ici. Les caractères d'importance majeure dans sa classification sont : 1° Présence ou absence des poumons; 2° Présence ou absence des pieds; 3° Forme des tentacules; 4° Mode de distribution des pieds.

M. Semper adopte dans toute son étendue ce principe darwiniste que le développement individuel (ontogénie) n'est qu'une courte répétition de la phylogénie [1]. L'histoire primordiale d'une espèce est, à ses yeux, reproduite d'une manière d'autant plus complète dans son développement, que la série des phases de son jeune âge est plus longue et plus graduée. M. Semper croit pouvoir admettre que la *Synapta digitata* nous fournit aujourd'hui la répétition la plus complète de l'histoire primitive des Holothuries. Cette répétition renferme pourtant des lacunes évidentes, comme cela ressort de la grande différence dans le genre de vie entre la larve et l'échinoderme parfait. Le premier stade connu de ce développement, c'est l'auriculaire avec ses roues calcaires, phase qui a été probablement précédée d'une autre à vêtement ciliaire continu. L'auriculaire possède déjà le premier rudiment du vaisseau aquifère annulaire et du canal pierreux, ainsi que les deux corps en forme de bourrelet qui deviendront le périsome. De tous les organes définitifs des Holothuries, le premier à se former est le vaisseau aquifère annulaire : tous les organes qui en naissent successivement ou qui s'unissent à lui, se forment plus tard. Il semble donc permis

[1] De *phylum*, embranchement, dans la terminologie de M. Haeckel. La *phylogénie* est donc l'histoire du développement des formes dans la série des temps géologiques.

d'en conclure que les Holothuries apodes sont phylogénétiquement (c'est-à-dire dans l'histoire du globe) plus anciennes que les pédigères. La souche des Holothuries était dépourvue de pieds.

Sur l'anneau aquifère germent d'abord les tentacules et plus tard seulement les pieds. La forme primitive de ces organes est celle d'une simple papille et les tentacules sont phylogénétiquement d'une plus haute importance que les pieds. Il semble résulter de là que les Molpadides et les Synaptides dont les tentacules ont la structure la plus simple, doivent remonter à une époque plus ancienne que les Aspidochirotes et les Dendrochirotes.

Les pieds se forment seulement après l'apparition des vaisseaux aquifères radiaires: les Synaptides et les Molpadides semblent donc aussi à ce point de vue plus anciens que les autres Holothuries.

L'apparition simultanée des vaisseaux radiaires semblerait indiquer que toutes les formes à antimères [1] semblables sont les plus anciennes, tandis que les autres, comme les Psolus, les Holothuries, les Mullériès, etc., dont les antimères sont dissemblables, seraient les formes les plus récentes. Cependant, dans toutes les larves d'Holothuries jusqu'ici connues, on ne voit apparaître d'abord que deux ou quatre pieds sur un seul rayon. On peut aussi considérer l'opposition entre un trivium et un bivium (ou si l'on aime mieux entre un ventre et un dos), résultant de la dissemblance des antimères, comme le reste antique d'une évolution bilatérale primitive. Dans ce cas, il faudrait considérer, dans chaque groupe, comme les formes les plus anciennes, celles qui montrent l'opposition d'un ventre à un dos, soit par la différence de forme des papilles dorsales et des pieds ventraux, soit par l'absence complète des premières (Psolus).

[1] Tel est le nom donné dans la terminologie de M. Hæckel aux segments homologues d'un animal rayonné. Ce terme est donc identique avec celui de *sphéromère* dans la nomenclature de M. Agassiz.

Les dépôts calcaires apparaissent dans leur forme définitive beaucoup plus tard que les organes dépendant du système vasculaire ambulacraire. Ces dépôts sont donc d'importance relativement secondaire et il n'est pas étonnant qu'il soit impossible de trouver dans la forme des corpuscules calcaires des caractères tranchés de familles ou de genres.

Par une série de considérations analogues, M. Semper en vient à se représenter l'ancêtre primitif de toutes les Holothuries et des Siponcles comme un animal vermiforme, ressemblant au Rhabdomolgus découvert sur les côtes de Normandie par M. Keferstein. Cet animal aurait eu un anneau aquifère et des vésicules de Poli, un tronc nerveux ventral simple avec anneau nerveux œsophagien, enfin des tentacules papilliformes disposés en cercle autour de la bouche et susceptibles d'être rendus turgides par l'anneau aquifère. Cette opinion s'éloigne singulièrement de celle de M. Hæckel qui, bien que fort ingénieuse, ne nous semble pas reposer sur une base bien solide. Ce savant considère les Échinodermes comme des agrégations d'individus, produites originairement par une gemmation interne dans le corps d'un véritable ver. Ces individus seraient réunis les uns aux autres par une sorte de conjugaison et présenteraient au point de soudure une ouverture d'ingestion commune, comparable à l'ouverture d'égestion commune des Botryllides parmi les Ascidies composées. Cette manière de voir est contredite par le développement des Échinodermes ; c'est ainsi que le système aquifère n'offre, sous sa forme primitive, rien de radiaire ; il en est de même du périsome de la partie postérieure du corps qui se développe directement aux dépens des deux corps en bourrelet de Müller.

On peut se demander quelles relations existent au point de vue phylogénétique entre la souche primitive des Holothuries et les autres Échinodermes. Chez tous les Échinides et les Astérides (avec l'exception pourtant des Ophiures et des Astérides vivipares), le corps rayonné de l'Échinoderme

germe dans l'intérieur d'une larve bilatérale de la même manière que chez les Holothuries, avec la seule différence que le rudiment du rayonné apparaît de beaucoup meilleure heure que chez ces dernières. M. Semper en conclut que les Échinides et les Astérides ont dû appraître plus tard que les Holothuries, puisque celles-ci montrent des restes beaucoup plus évidents de la structure bilatérale de la souche primitive. La série paléontologique des Échinodermes semble, il est vrai, parler contre cette manière de voir. En effet les Échinides réguliers sont les plus anciens, et les irréguliers apparaissent pour la première fois dans les terrains jurassiques avec 120 espèces environ, contre 356 Échinides réguliers. Ce fait peut s'expliquer si les Oursins irréguliers représentent un degré de développement relativement plus récent. Dans ce cas les Échinodermes irréguliers devraient être dans le principe régulièrement radiaires, et c'est bien là ce qui paraît avoir lieu d'après les quelques observations que M. Alex. Agassiz a faites sur le développement des Oursins irréguliers. M. Louis Agassiz a déjà utilisé ce fait dans son *Essay on Classification* pour déclarer les vrais Oursins avec les Tesselati un ordre embryonnaire. Cependant ils naissent, eux aussi, dans des larves bilatérales. Tandis que les Holothuries, le groupe le plus ancien, ont conservé le plus parfaitement le caractère bilatéral, les Échinides paraisssent parcourir avec une rapidité considérable les phases de transformation de la larve jusqu'au type parfaitement radiaire. Puis une partie des espèces, par une sorte de métamorphose régressive, se rapprochent jusqu'à un certain point de la structure bilatérale primitive. Un phénomène tout à fait analogue s'observe chez les poissons dans le développement de la nageoire caudale. En effet, selon M. Kölliker, les Téléostéens sont, durant leur développement, d'abord homocerques, puis hétérocerques, pour se rapprocher plus tard de nouveau de l'homocercie. Les Astérides présentent la structure radiaire au degré le plus parfait: et comme ils se forment dans la larve

de la même manière que les Échinides et les Holothurides, il semble probable à M. Semper qu'ils ont apparu avant les Échinides. Quant aux Crinoïdes auxquels M. Semper croit pouvoir dénier un système aquifère dans la nature actuelle, l'auteur. à la suite de considérations qui nous semblent un peu aventurées. croit pouvoir les faire dériver d'un ver voisin des Planaires.

La partie du travail de M. Semper que nous venons d'analyser en dernier lieu, est, comme on le voit, fort hypothétique et trouvera sans doute de nombreux contradicteurs. La dernière livraison du volume renferme cependant aussi des observations plus positives. Les mœurs des Holothuries y sont étudiées avec soin. et la propriété qu'ont ces animaux de se débarrasser à volonté d'une grande partie de leurs organes pour les reproduire ensuite, y est entièrement confirmée. Lorsqu'on les place dans de petits vases pleins d'eau de mer pure, sans le sable corallien qui forme d'habitude leur mets de prédilection, elles rejettent par l'anus leur canal intestinal, leurs poumons et les organes annexes qui ne peuvent plus, dans les circonstances nouvelles, leur être d'aucune utilité. Mais au bout de peu de temps (au moins 9 jours) elles se sont formé de nouveaux intestins et de nouveaux poumons à l'aide desquels elles mangent et respirent dans l'eau pure aussi bien qu'autrefois dans l'eau chargée de sable.

L'ouvrage de M. Semper contient aussi un chapitre intéressant, consacré à la distribution géographique des Holothurides. Ce groupe ne présente pas d'espèces cosmopolites dans le sens strict du mot. Cependant le genre Holothurie compte trois espèces qui vivent tout autour de la terre, dans les mers de la région tropicale, et deux d'entre elles s'étendent vers le nord jusqu'à la Floride. L'*Holothuria impatiens* des tropiques existe aussi dans la Méditerranée. Il n'est pas facile de comprendre comment ces espèces ont pu passer d'une mer à l'autre dans l'état actuel du globe et il faut sans doute admettre qu'elles datent d'une époque où l'Océan Atlantique

était en communication avec le Pacifique dans l'Amérique équatoriale, ou bien où la Méditerranée communiquait librement avec la mer Rouge. Sept genres peuvent être considérés comme cosmopolites et il est probable qu'au moins trois ou quatre d'entre eux ont eu leur foyer d'apparition dans les contrées tropicales et orientales de notre terre. En somme il n'est pas facile de déterminer les aires géographiques de beaucoup d'espèces, parce que le nombre des localités bien étudiées au point de vue de la faune est fort restreint. M. Sars considère les Astéries du genre Ptéraster et les Holothuries du genre Psolus comme des formes arctiques de l'Océan Atlantique. Toutefois M. Semper montre qu'on aurait tout autant de droit de considérer le genre Pteraster comme tropical, car on connaît aujourd'hui cinq espèces du genre dont deux appartiennent au nord de l'Europe, une au Cap et deux aux régions tropicales. Quant aux Psolus, il oppose aux quatre espèces européennes connues trois espèces tropicales et trois espèces provenant de mers éloignées. En somme, le nombre des genres caractéristiques d'une zone déterminé e, est beaucoup moins considérable qu'on ne se l'imagine d'ordinaire.

Relativement à la distribution bathymétrique, M. Semper fait une remarque intéressante : à mesure qu'on s'avance vers le nord, les Holothurides se retirent dans des zones plus profondes. Il semble donc que la température moyenne ou un degré déterminé de température d'été ont moins d'importance pour ces animaux que la constance de la température. Il paraît d'ailleurs impossible d'établir aucune relation entre les différentes familles d'Holothuries et leur distribution bathymétrique dans les mers. E. C.

M. Sars. Mémoire pour servir a la connaissance des crinoïdes vivants. Christiania, 1868, in-4°, avec six planches.

Nous avons déjà mentionné en passant [1] la découverte re-

[1] *Archives des Sciences phys. et nat.*, août 1869, t. XXXV, p. 330.

marquable, due à M. Sars, d'un crinoïde appartenant à un type nouveau, sur les côtes de Norwége. Nous avons ajouté que ce curieux animal a été retrouvé dans les sondages à de grandes profondeurs, soit de l'expédition anglaise, soit de l'expédition américaine. Nous nous proposons d'analyser aujourd'hui le mémoire dans lequel M. le professeur Sars décrit en détail le crinoïde en question sous le nom de *Rhizocrinus lofotensis*.

La découverte du Rhizocrinus n'est point tout à fait récente. Dès 1864, M. G.-O. Sars (fils) rapporta de l'une de ses excursions zoologiques aux Lofodes un crinoïde dragué à 720 pieds de profondeur. La ressemblance que cet échinoderme offre au premier coup d'œil avec la larve pentacrinoïde de l'*Antedon Sarsii* le fit prendre dans le principe pour la larve d'une espèce encore inconnue du genre Antedon (Comatule). Un examen plus détaillé fit cependant bientôt reconnaître à MM. Sars père et fils qu'ils avaient à faire à un genre tout nouveau auquel ils donnèrent le nom de Rhizocrinus, à cause des cirres rameux qui fixent la partie inférieure de la tige. Ces cirres ressemblent aux fibrilles radiculaires d'une plante, et ils servent en effet à attacher cet animal à des corps étrangers qui se trouvent au fond de la mer. L'attention une fois dirigée sur le Rhizocrinus, M. Sars fils en a rapporté dans les années suivantes jusqu'à 75 exemplaires, recueillis dans des saisons très-différentes.

Le nouveau crinoïde est relativement fort petit. Il n'atteint qu'une hauteur d'environ 80 millimètres, tige comprise. Les articles de la tige ressemblent au plus haut degré à ceux des pentacrinoïdes du genre vivant *Antedon* et à ceux de la base de la tige du genre fossile *Bourgueticrinus*; mais ce qu'il y a de remarquable et de caractéristique dans cette tige, c'est son sommet qui forme un grand évasement obconique ou caliciforme. Ce caractère fait entièrement défaut aux autres crinoïdes vivants et donne aux Rhizocrinus une ressemblance incontestable avec les genres fossiles Apiocrinus et Bourgue-

tierinus. Il est certain que cet évasement fait réellement partie de la tige et point du calice. Comme la pièce centro-dorsale de l'Antedon, dont il paraît être l'homologue ce sommet ne se compose que d'un seul morceau ou article.

Les articles de la tige n'ont pas leur partie médiane réellement cylindrique : leurs deux bouts épaissis sont un peu comprimés latéralement, de façon que les deux faces articulaires sont elliptiques et non circulaires. La direction de la compression est presque à angle droit dans les deux bouts de chaque article, aussi le grand axe de l'ellipse de la face articulaire supérieure croise celui de la face inférieure en formant un angle un peu oblique. La jonction des articles se fait par des ligaments élastiques composés de fibres très-fines, mais extrêment fortes. Un canal central, le prétendu « canal de nutrition, » traverse l'axe de toute la tige. Il est rempli par un cordon mou, mais solide, que chez l'Antédon M. Carpenter croit composé de sarcode. Mais chez le Rhizocrinus, il semble renfermer des fibres longitudinales assez fortes, semblables à celles des ligaments.

Le caractère le plus remarquable du Rhizocrinus consiste, sans contredit, dans les filaments ou cirres qui servent à le fixer aux corps étrangers, et qu'on rencontre sur la partie inférieure de sa tige, souvent sur une étendue assez longue. Ces filaments sont disposés avec une regularité remarquable. A chaque article ils sortent de deux points opposés, dont la direction croise celles des filaments de l'article précédent et du suivant. Leurs points de naissance sont donc exactement les mêmes à tous les deux articles. Tous les filaments sont à peu près cylindriques, un peu plus épais à leur base, et s'amincissent graduellement vers l'extrémité. A des intervalles irréguliers, ils sont bifurqués ou ramifiés. Le bout qui se fixe au corps étranger s'élargit généralement en un disque irrégulier. De la circonférence de ce disque naissent de petits filaments secondaires qui s'étendent ou rampent sur la surface du corps étranger. Ces rameaux si tortueux, déliés vers

l'extrémité comme des cheveux, rappellent les filaments radicaux (*hydrorhizes* Huxley) par lesquelles un grand nombre d'Hydroïdes s'attachent à d'autres objets. Toutefois un examen plus approfondi enseigne qu'ils renferment des pièces calcaires et qu'ils sont articulés dans toute leur longueur. En outre ils renferment un canal axial (canal de nutrition) qui communique avec celui de la tige.

D'après ce qui précède, il n'est guère douteux qu'on doive considérer les filaments radicaux des Rhizocrinus comme homologues des cirres des Antédons et des Pentacrines. Ils offrent la même nature calcaire, la même composition en articles, le même canal axial. D'autre part, ils s'éloignent, il est vrai, de ces cirres en ce qu'ils sont ramifiés et qu'ils s'attachent d'une manière permanente à la surface de corps étrangers. Par la situation régulière des cirres sur la tige, les Rhizocrinus ressemblent plus aux Pentacrines qu'aux Antédons. Mais la disposition n'en est pas la même dans les deux genres. Chez les Pentacrinus, à longue tige articulée, les cirres sont disposés en verticilles de cinq chacun, à des distances déterminées, et sur certains articles de la tige, dans toute sa longueur. Chez les Rhizocrines, les cirres ne sortent que de deux points de chaque article et ne se présentent que sur la partie inférieure de la tige, où on les trouve sans interruption sur un nombre d'articles consécutifs plus ou moins grand. Parmi les Crinoïdes connus jusqu'ici, cette disposition des cirres ne semble se présenter que dans le genre Bourgueticrinus.

L'élargissement de la partie supérieure de la tige fait que chez le Rhizocrinus le passage de la tige au calice est beaucoup moins fortement marqué que chez la plupart des autres Crinoïdes.

Le calice ne comprend que des pièces basales et radiales, mais point de pièces parabasales ni d'interradiales. Les pièces radiales présentent une singularité presque unique parmi tous les Crinoïdes connus jusqu'à ce jour. On observe,

en effet, une instabilité extraordinaire dans le nombre des rayons. Laissant de côté les Cystidées, peu susceptibles d'être étudiées à ce point de vue, on sait que tous les autres Crinoïdes sont divisés en rayons dont le nombre est d'ordinaire rigoureusement réduit à cinq. Les 75 exemplaires de Rhizocrinus recueillis par MM. Sars se répartissent au point de vue des rayons comme suit : 15 à 4 rayons, 43 à 5, 15 à 6 et 2 à 7. Ces irrégularités sont trop fréquentes pour pouvoir être considérées comme des monstruosités.

La bouche est placée au centre du disque. Elle est circulaire, mais devient stelliforme par suite des angles saillants des espaces interradiaires. Ces angles semblent être de véritables valvules qui, en se soulevant, découvrent l'entrée de la bouche pour la recouvrir exactement lorsqu'elles s'abaissent. Dans les intervalles de ces cinq valvules, partent de la bouche, en rayonnant, autant de sillons tracés dans la peau du disque. Ces sillons se dirigent en ligne droite vers le bord du disque, et se prolongent sur toute la surface ventrale des bras. Les bras du Rhizocrinus étant simples, ces sillons tentaculaires ne sont point bifurqués comme cela a lieu chez les Antédons et les Pentacrines. Dans un des espaces interradiaires du disque, on aperçoit l'anus qui n'est point porté par un tube prolongé comme chez les Antédons et les Pentacrinus, mais se présente sous la forme d'un simple pore de la surface.

Par ses bras non divisés, le Rhizocrinus s'écarte d'une façon remarquable de tous les Crinoïdes actuels chez lesquels ils sont toujours une ou plusieurs fois bifurqués. Sous ce rapport, au contraire, ils se rapprochent de quelques genres éteints, tels que les *Ctenocrinus*, les *Cupressocrinus*, les *Baerocrinus* et autres, desquels ils diffèrent d'ailleurs sous presque tous les autres points de vue. A part les cinq premiers articles, on ne trouve de pinnules chez les Rhizocrinus que de deux en deux pièces brachiales. Cette disposition s'écarte en apparence de ce qu'on voit chez tous les autres

Crinoïdes. L'anomalie disparaît cependant si l'on considère la jointure des articles deux à deux comme une syzygie. L'article hypozygal est alors toujours sans pinnules, et l'article épizygal en est seul pourvu. Ce qu'il y a de particulier ici, c'est la disposition régulière et continue des syzygies. Chez les Pentacrinus et les Antédons, au contraire, les syzygies se présentent à des intervalles plus grands et inégaux, ayant entre elles au moins deux, mais le plus souvent plusieurs et même jusqu'à quatorze vraies articulations.

Les observations de M. Sars, sur la génération des Rhizocrinus, sont fort incomplètes. Elles semblent cependant rendre vraisemblable le développement des éléments générateurs dans l'intérieur des pinnules.

Les conclusions de l'auteur, relativement aux affinités naturelles de ce nouveau Crinoïde, sont les suivantes : le Rhizocrinus semble, sous certains rapports, être un type dégradé de la famille des Apiocrinides, ayant de l'affinité surtout avec le genre Bourgueticrinus, et formant pour ainsi dire la transition des Apiocrinides au genre actuel Antédon et notamment à son état de larve pentacrinoïde.

Le mémoire de M. Sars comprend aussi une étude approfondie de la larve pentacrinoïde de l'*Antedon Sarsii*. Sur tous les points les plus importants, nous y trouvons une confirmation des recherches approfondies de MM. Carpenter et Thomson sur l'*Antedon rosaceus*. Comme nous avons rendu compte de ces recherches[1], nous préférons ne pas nous étendre ici sur ce sujet. E. C.

Prof. Wedl. Ueber Capillargefæsssysteme, etc. Sur les systèmes de vaisseaux capillaires chez les Gastéropodes. (*Sitzbrcht. d. k. k. Akad. der Wiss. zu Wien*. II. Abth. Juli-Heft, 1868.)

Les doctrines qui ont aujourd'hui généralement cours en

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1868, t. XXXI, p. 162.

France et ailleurs sur le système vasculaire sanguin des Mollusques, reconnaissent M. Milne Edwards comme premier auteur. Ces doctrines se résument dans la thèse que ce système vasculaire est lacunaire et en communication soit avec la cavité du corps, soit avec le monde extérieur. M. de Quatrefages professa aussi, dès 1844, l'existence d'une circulation extra-vasculaire, d'abord chez les Gastéropodes de la famille des Eolidiens qu'il classait dans ses Gastéropodes phlébentérés. Souleyet combattit avec énergie cette manière de voir et revendiqua pour ces animaux l'existence d'un système veineux semblable à celui des animaux supérieurs. M. Robin (1851), en soumettant à une critique sévère les travaux de Cuvier et de MM. Milne Edwards, Quatrefages, Blanchard et Richard Owen, se prononça en faveur de Souleyet et du système vasculaire clos, et par conséquent contre le phlébentérisme.

Malgré les objections de Souleyet et de M. Robin ; malgré les recherches anatomiques sur les Anodontes de MM. Keber et Langer ; malgré les belles injections de ce dernier qui ont démontré l'existence d'un système de vaisseaux capillaires, en même temps que l'absence d'un système aquifère chez ces Lamellibranches : malgré tout cela, M. Milne Edwards maintient encore aujourd'hui son opinion de l'existence d'un système circulatoire lacunaire chez tous les Mollusques, avec des vaisseaux largement béants dans la cavité du corps et à l'extérieur. M. Wedl vient de reprendre avec soin l'étude de ce sujet et comme Souleyet et M. Robin, comme M. Keber et M. Langer, il se prononce de la manière la plus positive contre M. Milne Edwards.

La méthode employée par M. Milne Edwards était insuffisante ; il se contentait d'injecter une solution de chromate de plomb dans la cavité périviscérale par une petite ouverture pratiquée sur le dos ou ailleurs. M. Agassiz, en faisant ses injections par la bouche ou l'anus, a cru pouvoir prouver en outre une communication directe entre l'appareil digestif

et le système circulatoire. M. Robin a déjà qualifié de grossiers ces procédés. Il est certain, en particulier, qu'en ouvrant la cavité périviscérale, il est facile d'ouvrir en même temps un sinus sanguin ou quelque gros vaisseau et d'y faire pénétrer l'injection.

M. Milne Edwards cite, en faveur d'une communication des vaisseaux avec la cavité périviscérale, la preuve suivante qu'on ne peut s'empêcher de trouver singulière. Lorsqu'il examinait au microscope le sang du ventricule cardiaque et le liquide périviscéral chez une Hélix vivante, il trouvait les deux liquides parfaitement semblables : l'un comme l'autre renfermait des corpuscules sanguins. Or, il n'est pas possible d'ouvrir la cavité périviscérale sans couper une quantité de vaisseaux dont le contenu se déverse dans la cavité. En faisant ses injections par le cœur, M. Wedl s'est, au contraire, assuré chez les Hélix que la masse injectée ne pénètre pas dans la cavité périviscérale et ne sort pas davantage à l'extérieur.

Il est frappant que M. Milne Edwards, dans ses travaux, ne parle jamais des vaisseaux capillaires, ce qui doit faire supposer qu'il ne les a jamais vus. Plusieurs des savants que cet auteur range parmi ses adhérents s'écartent cependant de lui sur certains points. M. Owen et M. Blanchard, en particulier, ne parlent jamais de véritables lacunes, mais bien de sinus à parois propres. Cependant tous les zootomistes allemands paraissent avoir passé dans le camp de M. Milne Edwards. Seul M. Eberth, à la suite d'injections avec du nitrate d'argent, croit s'être assuré que les canaux sanguins des Gastéropodes ont des parois propres, et ne peuvent être considérés comme des lacunes.

La meilleure méthode pour étudier les voies circulatoires chez les Gastéropodes est de pousser l'injection par le ventricule, ou bien par l'oreillette, ou enfin par un gros vaisseau. Il y a cependant des cas où cette méthode ne saurait être employée, comme par exemple chez les Murex et chez

les Turbos, où le cœur, extrêmement petit, est protégé par la partie la plus épaisse de la coquille. Dans ce cas-là, M. Wedl a employé aussi la méthode des piqûres dans le voisinage des sinus et des gros vaisseaux.

Le résultat des nombreuses recherches de M. Wedl, c'est l'existence chez les mollusques d'un système vasculaire complétement clos avec des réseaux capillaires dans la plupart des organes. Le type de distribution de ces derniers est extrêmement variable et intimement lié à la structure. C'est ainsi que, chez les Murex, la peau de la trompe et du dos est formée de plusieurs couches superposées de fibres musculaires, croisées en sens divers, et que plusieurs réseaux sanguins sont superposés de même dans ces organes. Les réseaux vasculaires sont distribués de la même manière dans le pied de ces Cténobranches. Dans la peau verruqueuse des Hélix on trouve un système capillaire distinct pour chaque verrucosité. Dans tous les cas où la peau est très-érectile, comme dans le pied des limaces, les vaisseaux capillaires sont très-larges et enserrent des mailles très-petites. La partie très-érectile du manteau présente une richesse vasculaire extraordinaire, avec mailles très-étroites, tandis que la partie du manteau qui enveloppe les reins et le foie n'offre pas de richesse vasculaire comparable. Nulle part la peau ne présente de communication des veines avec l'extérieur. Les veines ne paraissent pas communiquer davantage avec les vaisseaux aquifères. M. Wedl n'a pas pu d'ailleurs reconnaître si ces derniers s'ouvrent directement dans la cavité périviscérale ou s'ils se distribuent seulement dans le pied.

Les organes digestifs des Gastéropodes présentent de grandes variations dans leur structure intime. Chez les Hélix et les Limax, le système circulatoire, soit de la muqueuse, soit de la surface externe de l'intestin, est parfaitement clos. Il existe même un riche réseau capillaire dans la duplicature de la muqueuse qui enferme le radula. Dans le foie, qui n'a point de système porte, la bile est sécrétée par le sang ar-

tériel. Des vaisseaux artériels entourent les acini. Le mode de ramification des vaisseaux est celui d'une glande en grappe.

Le réseau capillaire à la surface interne des poumons, chez les mollusques pulmonés, est un des plus riches de l'organisme, de même que celui des branchies chez les Cténobranches. On trouve des réseaux à larges mailles dans les reins, autour des glandes muqueuses et du flagellum, dans la capsule séminale (chez les Hélix), tandis que la glande de l'albumine et la glande hermaphrodite ont des réseaux à mailles ovales et rondes. L'œil et les ganglions des Hélix présentent de nombreux anneaux vasculaires réunis par des anastomoses.

Bien que les recherches de M. Wedl n'aient porté que sur un petit nombre d'espèces, elles suffisent pourtant à montrer que les doctrines professées par M. Milne Edwards, relativement à la circulation des mollusques, ne sauraient avoir de valeur pour l'universalité des animaux de cette classe [1]. E. C.

[1] Sans méconnaître l'importance de la découverte faite par M. Wedl de nombreux réseaux capillaires chez les Gastéropodes, nous ne pensons pas qu'il en découle forcément la non-existence de vastes sinus sanguins, ni surtout l'absence de communication du système vasculaire avec le monde extérieur chez ces animaux. Récemment encore nous avons examiné nous-mêmes la communication du sinus péricardiaque avec l'extérieur par l'intermédiaire de l'organe excréteur chez les Phyllirhoés, et nous ne pensons pas que l'existence de cette communication puisse être mise un instant en doute. Il en est de même de la disposition analogue décrite chez les Ptéropodes par M. Gegenbaur et d'autres auteurs, etc.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'AOUT 1869.

Le 1, rosée le matin ; le soir éclairs et tonnerres de 8 h. ½ à 10 h. ¼ ; l'orage passe du SSO. au N., et les plus fortes décharges ont lieu à 9 h. ¼.

3, 4, 5, rosée le matin : le 5, éclairs continuels pendant toute la soirée dans la région S. à E.

7, hâle très-prononcé tout le jour ; le soleil très-rouge à son coucher.

12 et 13, forte rosée le matin.

14, halo solaire partiel de 6 ½ à 8 h. ¾ du matin.

15, halo solaire partiel de 11 h. ½ à 1 h.

16 et 17, couronne lunaire dans la soirée.

22, rosée le matin.

23, hâle très-prononcé tout le jour ; on pouvait à peine distinguer le Jura

25, couronne lunaire dans la soirée.

26 et 27, hâle très-prononcé tout le jour.

28, hâle tout le jour, mais moins intense que les deux jours précédents.

31, faible halo solaire de 8 h. ½ à 10 h. du matin.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm
Le 4 à 10 h. matin	732,38
8 à 8 h. matin	729,48
13 à 8 h. matin	731,19
16 à 8 h. soir	731,64
20 à 10 h. matin	731,08
24 à 8 h. matin	732,49
28 à 8 h. matin	732,30

MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. soir	723,41
7 à 4 h. soir............	728,02
10 à 6 h. soir............	722,37
14 à 6 h. soir............	727,94
17 à 4 h. soir............	728,69
22 à 6 h. soir............	729,43
26 à 6 h. soir............	729,31
29 à 6 h. soir.	725,38

GENEVE. — AOUT 1869.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	726,30	— 1,77	+22,36	+3,71	+15,6	+30,4	13,41	+2,66	683	0	440	860	1,2	2½	N. 1	0,31	—	—	204
2	725,83	- 2,24	+16,32	—2,29	+14,5	+21,9	10,72	—0,02	805	+121	500	980	19,1	8½	variable	0,91	19,8	+ 1,3	208
3	730,43	+ 2,36	+16,82	—1,75	+10,2	+23,0	8,71	—2,03	646	— 39	410	930	...	...	N. 1	0,09	20,1	+ 1,6	210
4	731,60	+ 3,53	+18,97	+0,44	+10,5	+25,0	10,28	—0,45	648	— 38	410	860	...	...	N. 1	0,03	20,6	+ 2,1	208
5	730,13	+ 2,06	+23,39	+4,90	+13,7	+31,7	12,86	+2,14	624	— 63	390	880	...	...	SSO. 1	0,34	21,1	+ 2,6	207
6	728,98	+ 0,92	+20,78	+2,33	+16,2	+27,5	10,46	—0,25	601	— 87	360	820	...	...	NNE. 1	0,70	21,3	+ 2,8	207
7	728,45	+ 0,39	+17,45	—0,95	+12,5	+21,7	9,35	—1,35	651	— 38	490	840	...	...	NNE. 2	0,31	21,8	+ 3,3	209
8	728,78	+ 0,72	+17,81	—0,54	+11,8	+24,4	8,90	—1,79	616	— 74	380	770	...	...	variable	0,59	—	—	211
9	727,35	— 0,71	+18,67	+0,37	+11,2	+23,3	9,00	—1,68	579	—112	350	690	...	...	SSO. 1	0,89	21,6	+ 3,1	207
10	722,89	— 5,17	+17,86	—0,38	+12,0	+22,6	10,63	—0,04	735	+ 42	440	1000	1,7	3	SSO. 2	0,88	10,1	— 8,4	205
11	726,08	— 1,97	+13,51	-4,67	+ 9,0	+20,0	6,28	—4,38	586	—109	380	780	...	...	variable	0,53	9,0	— 9,6	207
12	729,86	+ 1,81	+13,64	—4,48	+ 5,0	+20,2	6,75	—3,90	610	— 87	320	910	...	...	N. 1	0,11	13,1	— 5,5	206
13	729,92	+ 1,87	+14,92	—3,14	+ 5,4	+21,4	7,47	—3,16	612	— 87	360	900	...	...	N. 1	0,39	16,4	— 2,2	206
14	728,87	+ 0,83	+17,54	- 0,45	+ 8,8	+23,7	8,40	—2,21	582	—119	360	820	...	...	N. 1	0,79	17,1	- 1,5	205
15	729,08	+ 1,04	+14,47	—3,45	+10,6	+19,5	9,48	—1,12	800	+ 97	510	950	8,9	6¾	NNE. 2	0,83	—	—	203
16	730,91	+ 2,88	+15,91	—1,94	+10,4	+19,8	9,58	—1,00	721	+ 16	530	770	...	...	NNE. 3	0,58	18,1	— 0,5	202
17	729,55	+ 1,53	+16,15	—1,62	+11,5	+20,5	8,81	—1,75	670	— 37	500	850	...	...	N. 1	0,54	18,4	— 0,2	197
18	729,64	+ 1,63	+16,13	—1,56	+13,1	+20,6	9,05	—1,49	694	— 15	560	790	...	...	NNE. 1	0,46	18,2	— 0,3	194
19	729,48	+ 1,48	+14,38	—3,23	+10,2	+20,6	9,13	—1,39	768	+ 57	570	940	...	...	N. 2	0,59	18,5	0	190
20	730,32	+ 2,33	+16,05	—1,48	+11,2	+21,2	9,43	—1,37	694	— 19	440	870	...	...	N. 1	0,30	18,5	0	188
21	730,13	+ 2,16	+16,76	—0,69	+10,5	+22,5	9,65	—0,83	704	— 11	510	920	...	...	N. 1	0,03	18,5	0	186
22	730,46	+ 2,51	+17,71	+0,35	+10,4	+24,4	9,15	—1,31	635	— 82	360	890	...	...	NNE. 1	0,03	—	—	186
23	730,12	+ 2,19	+16,51	—0,76	+12,3	+21,0	9,35	—1,09	691	— 28	560	800	...	...	N. 2	0,27	18,8	+ 0,4	182
24	731,51	+ 3,60	+16,58	—0,60	+ 9,1	+23,0	9,68	—0,74	704	— 17	440	890	...	...	N. 1	0,00	18,8	+ 0,4	178
25	731,21	+ 3,33	+18,46	+1,37	+11,6	+24,7	9,93	—0,47	650	— 73	420	910	...	...	N. 1	0,09	18,8	+ 0,4	177
26	730,47	+ 2,62	+19,78	+2,79	+13,1	+25,9	11,14	+0,76	662	— 63	490	800	...	...	N. 2	0,00	19,4	+ 1,0	176
27	731,57	+ 3,75	+18,29	+1,40	+14,4	+22,9	11,28	+0,92	737	+ 9	590	770	...	...	N. 1	0,28	19,4	+ 1,0	174
28	730,90	+ 3,11	+18,59	+1,80	+12,6	+23,6	10,56	+0,23	674	— 57	510	890	...	...	N. 1	0,19	19,9	+ 0,7	172
29	726,60	— 1,16	+22,04	+5,35	+15,0	+28,7	10,33	+0,03	563	—171	350	830	...	...	SSO. 1	0,50	--	—	172
30	726,56	— 1,17	+21,28	+4,69	+16,4	+28,3	12,19	+1,92	674	— 63	350	790	...	...	N. 1	0,37	19 2	+ 0,9	171
31	728,42	+ 0,72	+18,02	+1,54	+13,8	+26,1	12,80	+2,56	845	+105	660	980	0,9	3	NNE. 1	0,76	19.1	+ 0,8	172

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,48	728,50	728,53	728,19	727,80	727,52	727,50	727,86	728,15
2e »	729,39	729,68	729,77	729,42	729,13	729,07	729,14	729,68	729,92
3e »	730,27	730,57	730,49	730,03	729,39	729,00	728,94	729,47	729,81
Mois	729,41	729,62	729,63	729,24	728,79	728,55	728,54	729,02	729,31
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+15,54	+18,77	+20,43	+22,46	+23,24	+23,48	+21,77	+19,47	+17,69
2e »	+11,76	+14,75	+17,05	+18,63	+19,52	+18,78	+17,72	+16,19	+14,49
3e »	+13,44	+17,35	+20,05	+22,07	+22,98	+23,47	+22,02	+19,82	+17,32
Mois	+13,58	+16,97	+19,20	+21,09	+21,95	+21,96	+20,55	+18,53	+16,53
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	10,83	11,28	11,21	10,20	9,81	9,83	9,86	10,84	11,11
2e »	8,86	8,89	8,25	7,93	7,91	8,46	8,85	8,79	8,80
3e »	9,87	10,24	10,61	10,38	11,02	10,66	11,57	11,09	10,59
Mois	9,85	10,14	10,04	9,53	9,62	9,68	10,14	10,27	10,18
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	818	696	629	513	464	453	502	641	737
2e »	854	707	572	498	472	533	584	646	721
3e »	851	695	614	534	536	503	592	646	722
Mois	841	699	605	516	492	496	560	645	727

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+12,82	+25,15	0,50	19,55	22,0	207,6
2e »	+ 9,52	+20,75	0,51	16,37	8,9	199,8
3e »	+12,65	+24,65	0,23	19,00	0,9	176,9
Mois	+11,70	+23,55	0,41	18,26	31,8	194,2

Dans ce mois, l'air a été calme 3,6 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,84 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 4°,5 E., et son intensité est egale à 54,2 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'AOUT 1869.

Le 1, brouillard depuis 6 h. du soir.
2, id. tout le jour; de 2 à 4 h. du matin, forte grêle.
3, id. jusqu'à 8 h. du matin.
5, id. de 6 à 8 h. du soir; depuis 9 h. du soir tonnerres et éclairs du coté du nord.
6, id. depuis 2 h. du soir.
7, id. jusqu'à 10 h. du matin et de 4 à 6 h. du soir.
8, id. à 6 h. du matin et de 2 à 8 h. du soir.
9, id. depuis 4 h. du soir.
10, id. toute la journée.
11, id. la plus grande partie de la journée.
12, id. à 6 h. du matin.
14, id. depuis 4 h. du soir.
15,16,17, id. tout le jour
18,19,20, id. une grande partie de la journée; la neige du 19 se fondait en tombant.
21, id. depuis 4 h. du soir.
27, id. une grande partie de la journée.
28, id. à 6 h. du matin.
29, id. à peu près tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 4 à 8 h. soir	573,83	Le 2 à midi	564,96
8 à 10 h. soir	568,71	7 à midi	567,49
13 à 10 h. matin	569,48	11 à 6 h. matin	561,47
16 à 8 h. soir	569,47	15 à 4 h. soir	566,38
22 à 8 h. soir	570,60	19 à 6 h. matin	567,05
25 à 8 h. soir	572,86	23 à 8 h. matin	569,10
		29 à 6 h. soir	568,41

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum.	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.		
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim			
1	569,23	+ 0,35	567,59	570,54	+11,00	+ 4,60	+ 7,0	+15,7	.....	13,5	2	SO. 1	0,72
2	565,76	— 3,13	564,96	566,76	+ 3,43	— 2,97	+ 0,6	+ 6,8	.....	32.7	6	NE. 1	0,88
3	568,99	+ 0,09	566,91	571,29	+ 1,92	— 4,47	— 0,6	+ 5,0	.....	.....	....	NE. 1	0,29
4	573.08	+ 4,18	571,98	573,83	+10,66	+ 4,27	+ 7,4	+13,2	.....	.....	....	NE. 1	0,02
5	573,10	+ 4,20	572,52	573,76	+11,47	+ 5,09	+ 7,8	+14,7	.....	4,2	2	NE. 1	0,70
6	569,72	+ 0,82	569,03	570,79	+ 7,99	+ 1,62	+ 5,4	+11,4	.....	.....	....	NE. 1	0,82
7	567,83	— 1,06	567,49	568,31	+ 5,00	— 1,35	+ 3,4	+ 7,6	.....	.....	....	NE. 1	0,63
8	568,41	— 0,48	568,03	568,71	+ 6,85	+ 0,52	+ 5,2	+ 9,8	.....	.....	....	variable	0,54
9	567,41	— 1,47	566,76	567,87	+ 7,51	+ 1,20	+ 3,2	+10,0	.....	.....	....	NE. 1	0,75
10	563,06	— 5,81	561,79	564,77	+ 5,10	— 1,18	+ 2,2	+ 7,8	.....	19,0	9	NE. 1	0,99
11	563,19	— 5,67	561,47	565,42	— 2,07	— 8,32	— 2,4	— 0,4	.....	6,5	4	NE. 1	0,91
12	567,57	— 1,28	565,82	569,01	+ 1,10	— 5,12	— 3,8	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	0,11
13	569,16	+ 0,33	568,07	569,48	+ 6,76	+ 0,57	+ 1,8	+10,8	.....	.....	....	SO. 1	0,21
14	568,16	— 0,65	567,62	568,52	+ 3,89	— 2,27	+ 2,3	+ 6,9	.....	4,6	4	NE. 1	0,80
15	566,58	— 2,21	566,38	567,38	+ 0,32	— 5,80	+ 0,2	+ 1,6	.....	.....	....	NE. 1	1,00
16	568,76	— 0,01	567,71	569,47	+ 2,17	— 3,91	+ 1,0	+ 4,0	.....	.....	....	NE. 1	1.00
17	567,57	— 1,18	567,18	568,21	+ 1,79	— 4,25	+ 1,2	+ 4,0	.....	3,0	6	NE. 1	0,97
18	568,19	— 0,53	567,10	568,66	+ 3,48	— 2,52	+ 1,1	+ 7,4	45	11,2	6	variable	0,90
19	567,59	— 1,10	567,05	568,75	+ 1,02	— 4,93	+ 0,2	+ 2,9	.....	4,9	4	NE. 1	0,96
20	568,91	+ 0,25	568,66	569,34	+ 4,04	— 1,86	+ 3,0	+ 6,4	.....	.....	....	NE. 1	0,46
21	569,66	+ 1,03	569,01	570,47	+ 5,59	— 0,26	+ 2,7	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,46
22	570,27	+ 1,67	569,69	570,60	+ 6,08	+ 0,29	+ 4,0	+ 8,7	.....	.....	....	NE. 1	0,04
23	569,32	+ 0,76	569,10	570,06	+ 5,50	— 0,23	+ 4,9	+ 7,7	.....	.....	....	NE. 2	0,00
24	571,48	+ 2,96	570,42	572,17	+ 8,65	+ 2,98	+ 7,0	+10,8	.....	.....	....	NE. 1	0,00
25	572,42	+ 3,94	571,98	572,86	+11,02	+ 5,42	+ 8,7	+13,9	.....	.....	....	NE. 1	0,06
26	572,21	+ 3,77	571,81	572,80	+11,06	+ 5,53	+ 9,6	+14,3	.....	.....	....	NE. 1	0,07
27	572,37	+ 3,97	571,60	572,83	+ 7,48	+ 2,02	+ 5,8	+10,5	.....	.....	....	SO. 1	0,66
28	571,87	+ 3,52	571,28	572,46	+ 9,28	+ 3,89	+ 6,9	+12,6	.....	.....	....	SO. 1	0,32
29	568,71	+ 0,41	568,41	569,47	+ 6,49	+ 1,17	+ 6,4	+ 8,3	.....	5,6	5	NE. 1	0,88
30	569,38	+ 1,13	568,45	570,30	+ 7,58	+ 2,34	+ 5,2	+11,5	.....	.....	....	NE. 1	0,44
31	570,25	+ 2,05	569,71	571,10	+ 8,90	+ 3,74	+ 7,8	+14,6	.....	.....	....	NE. 1	0,64

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'AOUT 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,72	568,91	568,96	568,73	568,81	568,77	568,60	568,61	568,63
2e »	566,89	567,23	567,58	567,66	567,72	567,81	567,79	568,07	568,13
3e »	570,41	570,65	570,82	570,92	570,87	570,82	570,84	570,92	571,04
Mois	568,73	568,98	569,18	569,16	569,19	569,19	569,13	569,26	569,32
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 5,61	+ 8,07	+ 8,97	+ 9,28	+ 9,36	+ 8,47	+ 7,24	+ 6,11	+ 5,74
2e »	+ 0,75	+ 2,11	+ 3,00	+ 3,88	+ 4,14	+ 3,66	+ 2,95	+ 2,46	+ 2,31
3e »	+ 6,54	+ 8,07	+ 9,34	+10,28	+10,42	+ 9,55	+ 7,85	+ 7,44	+ 7,23
Mois	+ 4,37	+ 6,15	+ 7,17	+ 7,89	+ 8,05	+ 7,30	+ 6,07	+ 5,40	+ 5,16

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 4,16	+10,30	0,63	69,4	0
2e »	+ 0,46	+ 4,76	0,73	30,2	45
3e »	+ 6,27	+10,72	0,32	5,6	0
Mois	+ 3,72	+ 8,66	0,56	105,2	45

Dans ce mois, l'air a été calme 18,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 6,87 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 65,2 sur 100.

* Voir la note du tableau.

RÉSUMÉ MÉTÉOROLOGIQUE

DE L'ANNÉE 1868

POUR GENÈVE ET LE GRAND SAINT-BERNARD

PAR

M. E. PLANTAMOUR

Professeur

Les observations météorologiques ont été faites et réduites suivant le même système que les années précédentes; me référant ainsi aux détails qui se trouvent dans les résumés antérieurs, je me bornerai à indiquer les résultats principaux des phénomènes météorologiques pour l'année 1868, et leur comparaison avec la valeur moyenne.

Température a GENÈVE 1868.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne	Minimum moyen	Maximum moyen
Déc. 1867.	+ 1,44	+ 1,14	+ 0,55	- 0,15	- 0,58	- 0,95	- 1,09	- 0,97	- 0,97	- 1,11	- 0,84	+ 0,17	- 0,28	- 3,18	+ 2,70
Janv. 1868	+ 0,75	+ 1,25	+ 0,91	- 0,19	- 0,69	- 1,12	- 1,33	- 1,49	- 1,63	- 1,74	- 1,76	- 0,62	- 0,64	- 3,43	+ 2,61
Février . .	+ 6,67	+ 7,92	+ 7,45	+ 5,24	+ 3,83	+ 2,73	+ 1,81	+ 1,04	+ 0,06	- 0,39	+ 0,05	+ 3,97	+ 3,36	- 1,29	+ 9,33
Mars . . .	+ 6,57	+ 7,50	+ 7,09	+ 5,98	+ 4,73	+ 3,68	+ 2,67	+ 1,65	+ 1,05	+ 1,68	+ 3,10	+ 5,48	+ 4,26	+ 0,40	+ 8,88
Avril . . .	+11,27	+12,44	+12,31	+10,85	+ 9,33	+ 7,75	+ 6,48	+ 5,09	+ 4,38	+ 5,18	+ 8,05	+ 9,91	+ 8,59	+ 3,99	+13,95
Mai	+21,20	+21,95	+22,71	+21,24	+18,54	+16,67	+15,31	+13,57	+12,48	+13,85	+16,97	+19,13	+17,80	+11,78	+23,95
Juin. . . .	+21,43	+22,13	+22,18	+20,62	+18,68	+16,94	+15,53	+13,77	+13,23	+15,06	+18,19	+19,93	+18,14	+12,68	+23,68
Juillet. . .	+22,44	+23,36	+23 38	+22,60	+20,10	+18,01	+16,32	+15,02	+14,60	+15,85	+18,92	+20,95	+19,30	+14,02	+25,40
Août . . .	+21,55	+22,61	+22,98	+21,32	+19,22	+17,55	+16,35	+14,81	+13,86	+14,80	+18,00	+19,96	+18,59	+13,60	+24,28
Septembre	+20,13	+21,39	+21,02	+19,20	+17,15	+15,57	+14,20	+12,53	+11,54	+12,27	+15,70	+18,51	+16,60	+11,50	+22,55
Octobre. .	+12,47	+13,13	+12,46	+11,14	+10,18	+ 9,40	+ 9,00	+ 8,50	+ 8,12	+ 8,43	+ 9,40	+11,38	+10,30	+ 7,19	+14,31
Novembre	+ 4,71	+ 5,32	+ 4,60	+ 3,41	+ 2,74	+ 2,31	+ 2,10	+ 1,86	+ 1,60	+ 1,54	+ 1,93	+ 3,52	+ 2,97	+ 0,36	+ 6,14
Hiver . . .	+ 2,87	+ 3,34	+ 2,87	+ 1,56	+ 0,79	+ 0,16	- 0,25	- 0,51	- 0,87	- 1,40	- 0,87	+ 1,11	+ 0,76	- 2,67	+ 4,78
Printemps	+13,03	+13,98	+14,05	+12,71	+10,88	+ 9,38	+ 8,17	+ 6,79	+ 5,99	+ 6,92	+ 9,39	+11,53	+10,23	+ 5,41	+15,61
Été	+21,81	+22,71	+22,85	+21,52	+19,34	+17,50	+16,07	+14,54	+13,90	+15,24	+18,37	+20,29	+18,68	+13,44	+24,46
Automne .	+12,44	+13,28	+12,69	+11,25	+10,03	+ 9,10	+ 8,44	+ 7,64	+ 7,10	+ 7,42	+ 9,01	+11,14	+ 9,96	+ 6,36	+14,33
Année . .	+12,57	+13,35	+13,15	+11,79	+10,29	+ 9,06	+ 8,13	+ 7,13	+ 6,55	+ 7,14	+ 9,00	+11,04	+ 9,93	+ 5,66	+14,83

Formules de la variation diurne de la température à Genève, pendant l'année 1868.

Décembre 1867	$t = -0{,}28^\circ + 1{,}12^\circ \sin(\mu + 63{,}1^\circ) + 0{,}47^\circ \sin(2\mu + 53{,}6^\circ) + 0{,}20^\circ \sin(3\mu + 89{,}1^\circ)$
Janvier 1868 . .	$t = -0{,}64 + 1{,}35 \sin(\mu + 44{,}0) + 0{,}57 \sin(2\mu + 35{,}8) + 0{,}15 \sin(3\mu + 37{,}6)$
Février.	$t = +3{,}36 + 3{,}80 \sin(\mu + 37{,}2) + 1{,}27 \sin(2\mu + 48{,}5) + 0{,}22 \sin(3\mu + 83{,}4)$
Mars	$t = +4{,}26 + 3{,}03 \sin(\mu + 44{,}6) + 0{,}46 \sin(2\mu + 85{,}0) + 0{,}09 \sin(3\mu + 238{,}0)$
Avril	$t = +8{,}59 + 3{,}85 \sin(\mu + 45{,}2) + 0{,}40 \sin(2\mu + 107{,}5) + 0{,}30 \sin(3\mu + 254{,}6)$
Mai.	$t = +17{,}80 + 4{,}75 \sin(\mu + 43{,}5) + 0{,}31 \sin(2\mu + 107{,}6) + 0{,}54 \sin(3\mu + 242{,}5)$
Juin	$t = +18{,}14 + 4{,}30 \sin(\mu + 50{,}5) + 0{,}44 \sin(2\mu + 142{,}4) + 0{,}44 \sin(3\mu + 264{,}8)$
Juillet	$t = +19{,}30 + 4{,}44 \sin(\mu + 47{,}6) + 0{,}24 \sin(2\mu + 162{,}7) + 0{,}32 \sin(3\mu + 226{,}3)$
Août	$t = +18{,}59 + 4{,}25 \sin(\mu + 44{,}9) + 0{,}36 \sin(2\mu + 97{,}9) + 0{,}44 \sin(3\mu + 244{,}6)$
Septembre . . .	$t = +16{,}60 + 4{,}65 \sin(\mu + 46{,}4) + 0{,}66 \sin(2\mu + 94{,}3) + 0{,}35 \sin(3\mu + 242{,}7)$
Octobre.	$t = +10{,}30 + 2{,}31 \sin(\mu + 52{,}4) + 0{,}57 \sin(2\mu + 62{,}3) + 0{,}02 \sin(3\mu + 243{,}4)$
Novembre . . .	$t = +2{,}97 + 1{,}66 \sin(\mu + 50{,}9) + 0{,}64 \sin(2\mu + 50{,}1) + 0{,}10 \sin(3\mu + 47{,}1)$
Hiver.	$t = +0{,}76 + 2{,}02 \sin(\mu + 43{,}4) + 0{,}75 \sin(2\mu + 45{,}9) + 0{,}18 \sin(3\mu + 77{,}0)$
Printemps . . .	$t = +10{,}23 + 3{,}87 \sin(\mu + 44{,}4) + 0{,}38 \sin(2\mu + 98{,}1) + 0{,}31 \sin(3\mu + 246{,}3)$
Été.	$t = +18{,}68 + 4{,}34 \sin(\mu + 47{,}6) + 0{,}32 \sin(2\mu + 133{,}0) + 0{,}40 \sin(3\mu + 248{,}1)$
Automne	$t = +9{,}96 + 2{,}87 \sin(\mu + 48{,}7) + 0{,}60 \sin(2\mu + 69{,}5) + 0{,}10 \sin(3\mu + 248{,}0)$
Année	$t = +9{,}93 + 3{,}28 \sin(\mu + 46{,}2) + 0{,}44 \sin(2\mu + 75{,}1) + 0{,}16 \sin(3\mu + 244{,}8)$

Température au SAINT-BERNARD 1868.

ÉPOQUE.	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Température moyenne
Décembre 1867	– 9°,60	– 9°,43	–10°,41	–10°,59	–10°,73	–10°,75	–10°,77	–10°,70	–10°,54	–10°,64	–10°,74	–10°,39	–10°,44
Janvier 1868 . .	– 7,54	– 7,36	– 8,26	– 9,18	– 9,56	– 9,40	– 9,30	– 9,28	– 9,24	– 9,23	– 9,11	– 8,62	– 8,84
Février	– 3,12	– 3,58	– 4,42	– 5,94	– 6,33	– 6,56	– 6,64	– 6,67	– 6,85	– 6,91	– 6,50	– 4,63	– 5,68
Mars	– 5,87	– 5,70	– 6,66	– 8,42	– 9,43	– 9,57	– 9,73	–10,31	–10,74	–10,25	– 8,64	– 7,02	– 8,53
Avril	– 0,98	– 0,99	– 1,69	– 3,62	– 4,57	– 4,81	– 4,76	– 5,68	– 6,40	– 5,74	– 3,06	– 2,00	– 3,69
Mai	+ 7,96	+ 8,33	+ 7,55	+ 5,95	+ 4,65	+ 4,31	+ 4,12	+ 3,43	+ 2,84	+ 3,26	+ 5,48	+ 6,67	+ 5,38
Juin	+ 8,41	+ 8,05	+ 7,66	+ 6,12	+ 4,97	+ 4,60	+ 4,31	+ 3,62	+ 3,22	+ 4,17	+ 6,31	+ 7,62	+ 5,73
Juillet	+ 9,59	+ 9,33	+ 8,71	+ 7,62	+ 6,41	+ 6,05	+ 5,51	+ 4,76	+ 4,24	+ 4,93	+ 6,85	+ 8,37	+ 6,86
Août	+ 9,23	+ 9,22	+ 8,43	+ 7,41	+ 6,45	+ 6,02	+ 5,65	+ 4,91	+ 4,45	+ 5,01	+ 6,88	+ 7,94	+ 6,80
Septembre . . .	+ 7,29	+ 7,22	+ 6,76	+ 5,63	+ 4,89	+ 4,74	+ 4,50	+ 3,97	+ 3,54	+ 3,81	+ 5,12	+ 6,15	+ 5,30
Octobre	+ 0,47	+ 0,20	– 0,27	– 1,03	– 1,18	– 1,36	– 1,61	– 1,94	– 2,02	– 1,70	– 1,06	– 0,26	– 0,98
Novembre . . .	– 4,20	– 4,31	– 5,46	– 6,44	– 6,90	– 6,64	– 6,57	– 6,69	– 6,76	– 6,79	– 6,52	– 5,80	– 6,09
Hiver	– 6,83	– 6,86	– 7,77	– 8,63	– 8,93	– 8,96	– 8,95	– 8,93	– 8,92	– 8,91	– 8,84	– 7,95	– 8,38
Printemps . . .	+ 0,38	+ 0,56	– 0,25	– 2,01	– 3,10	– 3,34	– 3,44	– 4,17	– 4,75	– 4,23	– 2,06	– 0,77	– 2,26
Été	+ 8,99	+ 8,88	+ 8,27	+ 7,06	+ 5,95	+ 5,57	+ 5,47	+ 4,44	+ 3,98	+ 4,71	+ 6,68	+ 7,98	+ 6,47
Automne	+ 1,18	+ 1,03	+ 0,34	– 0,62	– 1,07	– 1,09	– 1,23	– 1,56	– 1,75	– 1,56	– 0,82	+ 0,03	– 0,59
Année	+ 0,95	+ 0,92	+ 0,17	– 1,03	– 1,77	– 1,94	– 2,10	– 2,57	– 2,85	– 2,50	– 1,24	– 0,16	– 1,17

Formules de la variation diurne de la température au Saint-Bernard, pendant l'année 1868.

Décembre 1867.	$t = -10{,}44^\circ + 0{,}45^\circ \sin(\mu + 75{,}5^\circ) + 0{,}33^\circ \sin(2\mu + 49{,}7^\circ) + 0{,}21^\circ \sin(3\mu + 47{,}9^\circ)$
Janvier 1868 . .	$t = -8{,}84 + 0{,}82 \sin(\mu + 76{,}0) + 0{,}54 \sin(2\mu + 46{,}5) + 0{,}18 \sin(3\mu + 16{,}9)$
Février.	$t = -5{,}68 + 1{,}63 \sin(\mu + 66{,}9) + 0{,}82 \sin(2\mu + 64{,}7) + 0{,}20 \sin(3\mu + 78{,}7)$
Mars	$t = -8{,}53 + 2{,}29 \sin(\mu + 65{,}7) + 0{,}76 \sin(2\mu + 75{,}6) + 0{,}15 \sin(3\mu + 283{,}9)$
Avril	$t = -3{,}69 + 2{,}40 \sin(\mu + 66{,}4) + 0{,}75 \sin(2\mu + 92{,}3) + 0{,}38 \sin(3\mu + 262{,}6)$
Mai.	$t = +5{,}38 + 2{,}47 \sin(\mu + 60{,}8) + 0{,}66 \sin(2\mu + 75{,}1) + 0{,}25 \sin(3\mu + 260{,}9)$
Juin	$t = +5{,}73 + 2{,}37 \sin(\mu + 68{,}2) + 0{,}52 \sin(2\mu + 111{,}8) + 0{,}32 \sin(3\mu + 251{,}6)$
Juillet	$t = +6{,}86 + 2{,}42 \sin(\mu + 59{,}7) + 0{,}62 \sin(2\mu + 99{,}3) + 0{,}14 \sin(3\mu + 245{,}2)$
Août	$t = +6{,}80 + 2{,}17 \sin(\mu + 59{,}2) + 0{,}57 \sin(2\mu + 93{,}5) + 0{,}14 \sin(3\mu + 241{,}9)$
Septembre . . .	$t = +5{,}30 + 1{,}69 \sin(\mu + 59{,}3) + 0{,}54 \sin(2\mu + 81{,}4) + 0{,}10 \sin(3\mu + 270{,}0)$
Octobre	$t = -0{,}98 + 1{,}07 \sin(\mu + 65{,}6) + 0{,}37 \sin(2\mu + 93{,}9) + 0{,}07 \sin(3\mu + 26{,}6)$
Novembre	$t = -6{,}09 + 1{,}05 \sin(\mu + 71{,}6) + 0{,}71 \sin(2\mu + 58{,}8) + 0{,}22 \sin(3\mu + 24{,}9)$
Hiver.	$t = -8{,}38 + 0{,}95 \sin(\mu + 72{,}3) + 0{,}54 \sin(2\mu + 54{,}0) + 0{,}20 \sin(3\mu + 48{,}4)$
Printemps	$t = -2{,}26 + 2{,}39 \sin(\mu + 64{,}0) + 0{,}73 \sin(2\mu + 89{,}5) + 0{,}29 \sin(3\mu + 268{,}0)$
Été.	$t = +6{,}47 + 2{,}29 \sin(\mu + 62{,}8) + 0{,}54 \sin(2\mu + 99{,}4) + 0{,}21 \sin(3\mu + 255{,}1)$
Automne	$t = -0{,}59 + 1{,}26 \sin(\mu + 64{,}3) + 0{,}52 \sin(2\mu + 73{,}7) + 0{,}45 \sin(3\mu + 163{,}8)$
Année	$t = -1{,}17 + 1{,}73 \sin(\mu + 64{,}5) + 0{,}57 \sin(2\mu + 78{,}6) + 0{,}09 \sin(3\mu + 295{,}7)$

Si l'on compare la température moyenne de chaque mois, des saisons et de l'année entière, avec les valeurs moyennes déduites pour Genève des quarante années 1826-65, et pour le Saint-Bernard des vingt-sept années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	ÉCARTS.		
	Température. Genève.	Température. Saint-Bernard.	Décroissement entre les deux stations.
	0	0	0
Décembre 1867.	—1,12	—2,85	+1,73
Janvier 1868 . .	—0,35	+0,20	—0,55
Février	+2,04	+2,93	—0,89
Mars	—0,27	—1,21	+0,94
Avril	—0,24	—0,42	+0,18
Mai	+4,70	+4,87	—0,17
Juin.	+1,36	+1,64	—0,28
Juillet.	+0,69	+0,70	—0,01
Août	+0,70	+0,82	—0,12
Septembre. . . .	+2,23	+1,98	+0,25
Octobre.	+0,37	—0,50	+0,87
Novembre. . . .	—1,62	—0,79	—0,83
Hiver	+0,16	+0,02	+0,14
Printemps. . . .	+1,41	+1,13	+0,28
Été	+0,91	+1,05	—0,14
Automne	+0,33	+0,23	+0,10
Année.	+0,68	+0,59	+0,09

Pour Genève, les écarts positifs de février, mai, juin et septembre, et l'écart négatif de novembre dépassent les limites de l'écart probable; la température du mois de mai a été tout à fait exceptionnelle, et elle dépasse considérablement celle qui a été observée à cette époque de l'année depuis 1826. En effet, le mois de mai le plus chaud qui se rencontre dans les années antérieures est celui de l'année 1833 avec une température de 16°,54, inférieure par conséquent de 1°,26 à celle du mois de mai 1868. L'excédant considérable de chaleur de ce mois a eu pour effet de relever notablement la température du printemps, bien que les mois de mars et d'avril aient été

un peu plus froids que de coutume, aussi ne trouve-t-on depuis 1826 que quatre années dont le printemps ait été plus chaud qu'en 1868. L'été présente également une température notablement plus élevée que de coutume, les trois mois qui composent cette saison ayant donné un écart positif, très-prononcé pour le mois de juin. En somme, l'année a été chaude, de même que les années précédentes à partir de 1861 ; à l'exception de l'année 1864 qui a été légèrement inférieure à la moyenne, la série de ces huit années présente une élévation soutenue dans la température.

Les résultats principaux que l'on peut déduire de la température moyenne des 24 heures pour chaque jour de l'année, au point de vue des anomalies et de la variabilité de la température, sont donnés dans les tableaux suivants sous la même forme que dans les résumés antérieurs. J'ai relevé également la température moyenne de cinq jours en cinq jours, du 1er janvier au 31 décembre 1868, en inscrivant dans la colonne suivante l'écart, soit la différence avec le chiffre calculé par la formule déduite des 40 années 1826-65; lorsque cet écart dépasse les limites de l'écart probable, et constitue ainsi une anomalie, il est mis entre parenthèses. Sur les 73 périodes de cette année civile, il s'en trouve 54 pour lesquelles l'écart est positif et 19 pour lesquelles il est négatif; sur les 54 écarts positifs, 31 dépassent les limites de l'écart probable, l'écart maximum positif $+8^{\circ},44$ tombe sur la période du 22 au 26 décembre. Sur les 19 écarts négatifs, 12 dépassent les limites de l'écart probable, le maximum négatif $-7^{\circ},20$ tombe sur la période du 1er au 5 janvier. La période des cinq jours consécutifs les plus froids de l'année est comprise du 1er au 5 janvier, avec une température moyenne de $-7^{\circ},62$, et celle des cinq jours consécutifs les plus chauds de l'année est comprise du 20 au 24 juillet, avec une température moyenne de $+23^{\circ},46$.

GENÈVE 1868.

ÉPOQUE	NOMBRE DE JOURS								Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	très-froids	froids		tempérés		chauds		très-chauds		
	-10° à -5°	-5° à 0°	0° à +5°	+5° à +10°	+10° à +15°	+15° à +20°	+20° à +25°	+25° à +30°		
Déc. 1867.	1	19	7	4	—	—	—	—	-6°,95 le 31	+6°,94 le 1
Janv. 1868.	6	12	8	5	—	—	—	—	-9,53 le 2	+7,39 le 18
Février. . .	—	3	20	6	—	—	—	—	-0,57 le 5	+8,16 le 29
Mars. . . .	—	—	18	13	—	—	—	—	+0,72 le 25	+7,14 le 3
Avril. . . .	—	—	5	12	13	—	—	—	+4,60 le 11	+14,90 le 30
Mai	—	—	—	—	4	20	7	—	+13,02 le 1	+23,41 le 27
Juin	—	—	—	1	4	16	9	—	+9,95 le 9	+22,57 le 21
Juillet . . .	—	—	—	—	3	16	10	2	+13,04 le 3	+25,90 le 27
Août	—	—	—	—	2	19	10	—	+14,04 le 30	+23,90 le 10
Septembre.	—	—	—	—	7	21	2	—	+12,82 le 19	+20,55 le 11
Octobre . .	—	—	1	11	19	—	—	—	+3,09 le 29	+14,78 le 26
Novembre .	—	5	15	10	—	—	—	—	-0,75 le 22	+9,36 le 5
Année . . .	7	39	74	62	52	92	38	2	-9,53 le 2 Janvier	+25,90 le 27 Juillet

GENÈVE 1868.

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. . 1867	20	11	5	± 3°,53	− 6°,63 le 31	+ 6°,23 le 16	± 2°,21	− 6°,25 le 2	+ 3°,00 le 29
Janvier 1868	17	14	8	4,65	− 9,14 le 2	+ 7,83 le 18	3,06	− 5,89 le 23	+ 9,15 le 17
Février . . .	6	23	8	3,11	− 1,08 le 10	+ 7,86 le 3	2,07	− 4,79 le 3	+ 3,12 le 7
Mars	17	14	5	2,76	− 5,10 le 25	+ 4,08 le 3	1,88	− 4,55 le 17	+ 3,74 le 10
Avril	15	15	5	3,27	− 6,53 le 11	+ 4,38 le 6	1,85	− 5,85 le 8	+ 2,39 le 20
Mai *	0	31	0	5,19	+ 1,88 le 17	+ 8,53 le 27	1,43	− 2,64 le 28	+ 3,87 le 2
Juin	8	22	4	3,26	− 6,25 le 9	+ 5,16 le 21	2,27	− 6,61 le 8	+ 3,58 le 25
Juillet . . .	12	19	5	3,39	− 5,24 le 3	+ 7,13 le 27	1,91	− 3,57 le 12	+ 3,57 le 30
Août	12	19	9	2,34	− 2,55 le 30	+ 5,66 le 10	1,74	− 5,22 le 16	+ 2,15 le 31
Septembre .	1	29	2	2,62	− 1,26 le 19	+ 5,39 le 11	1,44	− 3,42 le 18	+ 2,73 le 10
Octobre . . .	13	18	5	2,34	− 4,48 le 29	+ 6,68 le 26	2,14	− 4,64 le 26	+ 4,41 le 29
Novembre .	20	10	3	3,38	− 5,81 le 7	+ 3,02 le 27	1,83	− 5,56 le 5	+ 4,89 le 22
Année . . .	141	225	59	± 3,37	− 9,14 le 2 janvier	+ 8,53 le 27 mai	± 2,00	− 6,61 le 8 juin	+ 9,15 le 17 janvier

* Pendant tout ce mois, l'écart a été toujours positif.

SAINT-BERNARD 1868

ÉPOQUE	Nombre de jours dont la température est comprise entre										Jour le plus froid	Jour le plus chaud
	-30° et -25	-25° et -20	-20° et -15	-15° et -10	-10° et -5	-5° et 0	0° et +5	+5° et +10	+10° et +15	+15° et +20		
Décembre 1867	—	—	7	8	12	4	—	—	—	—	-19,39° le 3	-3,80° le 24
Janvier 1868 . .	—	—	2	10	15	3	1	—	—	—	-17,79 le 1	+2,03 le 17
Février	—	—	—	2	16	10	1	—	—	—	-11,82 le 22	+0,64 le 26
Mars	—	—	1	6	22	2	—	—	—	—	-17,57 le 25	-2,44 le 5
Avril	—	—	—	4	5	16	5	—	—	—	-14,24 le 14	+4,06 le 22
Mai.	—	—	—	—	—	—	17	11	3	—	+1,11 le 6	+10,90 le 27
Juin	—	—	—	—	—	4	6	18	2	—	-3,05 le 9	+10.17 le 27
Juillet	—	—	—	—	—	1	10	11	9	—	-1,04 le 4	+14.66 le 26
Août	—	—	—	—	—	—	8	17	6	—	+1,99 le 30	+12.78 le 9
Septembre . . .	—	—	—	—	—	1	17	12	—	—	-0,58 le 23	+11,23 le 6
Octobre.	—	—	—	—	6	11	14	—	—	—	-8,56 le 21	+4.40 le 1
Novembre . . .	—	—	—	6	13	8	3	—	—	—	-13,60 le 9	+2,04 le 2
Année	—	—	10	36	89	60	82	69	20	—	-19,39 le 3 décemb. 1867	+14,66 le 26 juillet

SAINT-BERNARD 1868

EPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécut.	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
Déc. 1867 . .	16	15	7	± 5°,35	-12°,17 le 3	+ 4°,95 le 24	± 4°,10	-12°,71 le 2	+ 8°,24 le 21
Janvier 1868	14	17	9	4,44	− 8,68 le 1	+11,50 le 17	3,90	− 6,02 le 18	+ 7,66 le 16
Février . . .	5	24	8	4,72	− 3,00 le 23	+ 9,31 le 26	3,35	− 6,39 le 3	+ 6,81 le 24
Mars	19	12	11	3,75	-11,06 le 25	+ 5,79 le 5	3,24	− 7,60 le 5	+ 5,81 le 26
Avril	11	19	6	4,60	− 9,69 le 11	+ 7,14 le 22	2,88	− 9,37 le 9	+ 5,35 le 21
Mai *	0	31	0	5,66	+ 1,34 le 16	+10,76 le 2	1,79	− 4,03 le 28	+ 5,46 le 1
Juin.	6	24	6	3,76	− 6,43 le 9	+ 5,75 le 18	2,82	− 7,38 le 8	+ 7,63 le 24
Juillet . . .	13	18	4	4,30	− 6,55 le 4	+ 8,43 le 26	2,41	− 6,16 le 29	+ 5,70 le 10
Août	11	20	7	2,69	− 2,90 le 30	+ 6,72 le 9	2,10	− 5,20 le 4	+ 4,25 le 6
Septembre .	6	24	4	3,30	− 2,91 le 23	+ 6,96 le 6	1,23	− 2,38 le 22	+ 3,49 le 23
Octobre. . .	14	17	9	3,01	− 6,88 le 21	+ 4,77 le 26	2,96	− 6,77 le 27	+ 5,79 le 24
Novembre .	15	15	8	4,09	− 9,47 le 9	+ 5,49 le 2	2,67	− 6,86 le 13	+ 5,35 le 11
Année . . .	130	236	79	± 4,17	-12,17 le 3 décemb. 1867	+11,50 le 17 janvier	± 2,86	-12,71 le 2 décemb. 1867	+ 8,24 le 21 décemb. 1867

* Il n'y a pas eu d'écart négatif pendant tout le mois.

1868. Température de 5 en 5 jours.

Date	Tempé-rature moy.	Diffé-rence avec la formule	Date	Tempé-rature moy.	Diffé-rence avec la formule
1– 5 Janvier	− 7°.62	(−7°.20)	30– 4 Juillet	+15°.59	(−2°.64)
6–10 id.	− 3.61	(−3,09)	5– 9 id.	+15.86	(−2.62)
11–15 id.	+ 0.69	+1,21	10–14 id.	+18.85	+0.18
16–20 id.	+ 3,88	(+4,32)	15–19 id.	+20.02	+1.24
21–25 id.	+ 2,39	(+2,67)	20–24 id.	+23.46	(+4.65)
26–30 id.	+ 0,38	+0,42	25–29 id.	+22.58	(+3.81)
31– 4 Février	+ 4.58	(+4,31)	30– 3 Août	+19.03	+0,38
5– 9 id.	+ 1,11	+0,48	4– 8 id.	+20.01	+1,56
10–14 id.	+ 1.22	+0,16	9–13 id.	+21,90	(+3.72)
15–19 id.	+ 2.00	+0,47	14–18 id.	+19,34	+1,49
20–24 id.	+ 4,38	(+2,33)	19–23 id.	+16.81	−0,64
25– 1 Mars	+ 6,01	(+3,41)	24–28 id.	+16.59	−0.40
2– 6 id.	+ 6.08	(+2.90)	29– 2 Septemb.	+15,61	−0.87
7–11 id.	+ 4,05	+0,27	3– 7 id.	+19.40	(+3.48)
12–16 id.	+ 5,55	+1,15	8–12 id.	+19,05	(+3,75)
17–21 id.	+ 4,24	−0,80	13–17 id.	+15.90	+1.29
22–26 id.	+ 2,65	(−3,04)	18–22 id.	+14.59	+0,64
27–31 id.	+ 2,76	(−3.60)	23–27 id.	+14,65	(+1,44)
1– 5 Avril	+ 8,27	+1.24	28– 2 Octobre	+14.72	(+2.27)
6–10 id.	+ 8,59	+0.88	3– 7 id.	+11.39	−0,26
11–15 id.	+ 3,23	(−5,18)	8–12 id.	+11.73	+0.90
16–20 id.	+ 7,83	−1,27	13–17 id.	+12.19	(+2.21)
21–25 id.	+12,05	(+2,24)	18–22 id.	+ 8,18	−0,95
26–30 id.	+11,56	+1,04	23–27 id.	+10.21	(+1,94)
1– 5 Mai	+15,96	(+4,72)	28– 1 Novemb.	+ 5,67	(−1,73)
6–10 id.	+15,42	(+3.47)	2– 6 id.	+ 6.62	+0.08
11–15 id.	+16.81	(+4.15)	7–11 id.	+ 0.87	(−4,82)
16–20 id.	+17,03	(+3.66)	12–16 id.	+ 1.62	(−3,24)
21–25 id.	+19,40	(+5,35)	17–21 id.	+ 0.09	(−3.97)
26–30 id.	+21,87	(+7,15)	22–26 id.	+ 3,85	+0,54
31– 4 Juin	+18,17	(+2,81)	27– 1 Décemb.	+ 3.78	+1,19
5– 9 id.	+16.64	+0.68	2– 6 id.	+ 6.86	(+4.92)
10–14 id.	+14,24	(−2.29)	7–11 id.	+ 9.50	(+8,15)
15–19 id.	+20.47	(+3.43)	12–16 id.	+ 6.82	(+5.99)
20–24 id.	+19.09	+1.59	17–21 id.	+ 4.65	(+4.26)
25–29 id.	+20,24	(+2.34)	22–26 id.	+ 8,47	(+8,44)
			27–31 id.	+ 6.85	(+7.09)

GENÈVE, 1868. — INDICATIONS DES THERMOMÉTROGRAPHES.

	Minimum absolu.	Date.	Maximum absolu.	Date	Nombre de jours — Minimum au-dessous de 0°.	Nombre de jours — Maximum au-dessous de 0°.
	°		°			
Décemb. 1867	— 8,2	le 31	+13,8	le 17	27	14
Janvier 1868.	—10,1	le 3	+12,6	le 18	24	11
Février. . . .	— 5,0	le 6	+17,1	le 27	17	0
Mars.	— 2,9	le 27	+14,0	le 17	14	0
Avril.	— 1,7	le 1 et 13	+21,1	le 30	4	0
Mai.	+ 5,9	le 1	+30,1	le 27	0	0
Juin	+ 7,3	le 9	+31,1	le 19	0	0
Juillet	+ 9,4	le 7	+34,9	le 26	0	0
Août.	+ 6,6	le 31	+32,6	le 10	0	0
Septembre . .	+ 8,8	le 20	+29,4	le 11	0	0
Octobre . . .	— 1,7	le 29	+18,3	le 13 et 17	1	0
Novembre . .	— 4,2	le 17	+16,7	le 4	15	0
Année	—10,1	le 3 janvier.	+34,9	le 26 juillet.	102	25

Le minimum s'est abaissé le 13 avril pour la dernière fois au-dessous de 0, au printemps; cette date est de 8 à 9 jours plus hâtive que de coutume, le même jour a eu lieu la dernière gelée blanche du printemps. C'est le 29 octobre, c'est-à-dire presque exactement à l'époque moyenne, qu'en automne le minimum s'est abaissé la première fois au-dessous de 0; le même jour a eu lieu la première gelée blanche.

L'absence de thermométrographes au Saint-Bernard ne permet pas de donner pour cette station les maximas et minimas absolus, mais seulement les températures les plus élevées et les plus basses notées dans le cours du mois, à l'une des heures d'observation, entre 6 heures du matin et 10 heures du soir. Ce relevé montre que la

température s'est abaissée au-dessous de 0 dans tous les mois de l'année; en revanche, elle a été également observée au-dessus de 0 dans tous les mois, sauf celui de décembre.

La glace a disparu du lac près de l'hospice dès le 17 juin, c'est-à-dire plus d'un mois avant l'époque ordinaire; la congélation a eu lieu dans la nuit du 23 au 24 octobre, époque qui s'écarte peu de la moyenne.

SAINT-BERNARD 1868.

	Minimum.	Date.	Maximum.	Date.
Déc. 1867	—20°,4	le 3 à 10 h. soir.	— 2°,1	le 25 à midi.
Janv. 1868	—19,3	le 1 à 10 h. mat.	+ 5,6	le 17 à 2 h. soir.
Février. .	—12,9	le 9 à 10 h. soir.	+ 5,5	le 26 à 4 h. soir.
Mars . . .	—19,9	le 25 à 10 h. soir. le 26 à 6 h. mat.	+ 2,8	le 5 à 2 h. soir.
Avril . . .	—16,0	le 12 à 6 h. mat.	+ 7,0	le 22 à 8 h. mat.
Mai. . . .	— 0,8	le 16 à 6 h. mat.	+16,1	le 28 à 4 h. soir.
Juin . . .	— 6,0	le 9 à 10 h. soir.	+15,1	le 27 à 10 h. mat.
Juillet . .	— 1,5	le 4 à 6 h. mat.	+18,4	le 26 à midi.
Août . . .	— 0,5	le 31 à 6 h. mat.	+16,3	le 9 à midi.
Septembre	— 1,4	le 23 à 6 h. mat.	+15,0	le 3 à midi.
Octobre. .	—11,1	le 28 à 10 h. soir.	+ 5,5	le 10 à 4 h. soir.
Novembre	—16,0	le 10 à 6 h. mat.	+ 5,5	le 2 à 2 h. soir.
Année . .	—20,4	le 3 à 10 h. soir. déc. 67.	+18,4	le 26 à midi. juillet.

Température du Rhône en 1868.

ÉPOQUE.	Moyenne.	Excédant sur la moyenne 1853–1867	Minimum.	Maximum.	Différence entre la température de l'eau et celle de l'air.
	°	°	°	°	°
Décembre 1867 . .	+ 5,98	—0,82	+ 2,4 le 31	+ 7,8 le 2	+6,26
Janvier 1868 . . .	+ 4,13	—0,95	+ 1,9 le 2 et le 3	+ 5,1 le 16	+4,77
Février	+ 5,32	+0,40	+ 4,4 le 10	+ 6,4 le 29	+1,96
Mars	+ 6,27	+0,20	+ 5,0 le 10	+ 7,2 le 17	+2,01
Avril	+ 7,92	—0,86	+ 6,8 le 1 et le 14	+10,3 le 8	—0,67
Mai	+14,34	+3,01	+ 9,1 le 1	+17,1 le 29	—3,46
Juin	+17,62	+2,60	+13,3 le 24	+20,1 le 8	—0,52
Juillet	+20,21	+2,65	+15,1 le 30	+23,8 le 24	+0,91
Août	+18,77	+0,18	+12,8 le 25	+22,8 le 11	+0,18
Septembre.	+19,28	+2,28	+14,0 le 30	+21,0 le 12	+2,68
Octobre	+14,75	+0,50	+ 7,8 le 27	+16,9 le 2 et le 3	+4,45
Novembre	+ 9,64	—0,16	+ 8,2 le 30	+12,0 le 3 et le 4	+6,67
Année.	+12,11	+0,81	+ 1,9 les 2 et 3 janvier	+23,8 le 24 juillet	+2,18

Température du Rhône en 1868.

ÉPOQUE	Écarts moyens d'un jour	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
		négatifs	positifs		négatifs	positifs
Décembre 1867	±1°,15	—3°,2 le 31	+0°,3 les 17 et 18	±2°,07	—2°,7 le 30	+1°,4 le 5
Janvier 1868 .	1,37	—3,5 les 2 et 3	+0,2 les 16 et 30	0,57	—1,1 le 8	+1,8 le 28
Février	0,50	—0,4 le 10	+1,0 les 28 et 29	0,17	—0,3 les 8, 9 et 29	+0,3 les 10, 11 et 21
Mars	0,73	—1,7 le 30	+0,9 les 6 et 16	0,49	—1,4 le 18	+0,9 le 10
Avril	1.51	—2,4 le 27	+2,4 le 8	0,68	—3,0 le 8	+0,8 le 14
Mai	3,30	—0,8 le 1	+4,7 le 20	1,08	—2,8 le 5	+2,5 le 4
Juin	3,55	—0,5 le 25	+6,0 le 8	1,30	—2,6 le 23	+3,8 le 1
Juillet	3,35	—3,3 le 30	+5,7 le 24	1,42	—6,2 le 29	+3,1 le 30
Août.	2,92	—5,6 le 25	+4,2 le 11	1,38	—4,5 le 17	+3,3 le 25
Septembre . .	2,40	—1,9 le 30	+3,5 le 12	0,89	—4,2 le 29	+1,9 le 30
Octobre	1,88	—4,8 le 27	+2,1 les 16, 17, 19	1,04	—2,8 les 24 et 25	+3,2 le 27
Novembre . . .	0,59	—1,2 le 13	+0,5 le 4	0,26	—0,6 les 1 et 4	+0,6 le 13

GENÈVE 1868. — Pression atmosphérique.

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1867	725,78	+0,07	-0,36	-0,24	-0,02	+0,14	+0,13	+0,01	-0,14	-0,28	-0,05	+0,18	+0,60
Janvier 1868 .	726,87	+0,10	-0,37	-0,23	0,00	+0,22	+0,40	+0,23	-0,08	-0,39	-0,29	0,00	+0,43
Février	733,14	+0,37	-0,48	-0,74	-0,47	-0,18	-0,06	-0,09	-0,19	-0,12	+0,33	+0,77	+0,86
Mars	727,75	+0,01	-0,52	-0,53	-0,07	+0,37	+0,54	+0,28	-0,15	-0,33	-0,09	+0,24	+0,29
Avril	726,35	+0,11	-0,27	-0,49	-0,27	+0,17	+0,36	+0,12	-0,24	-0,26	+0,09	+0,29	+0,38
Mai	727,28	+0,03	-0,59	-1,09	-0,99	-0,41	+0,17	+0,31	+0,19	+0,31	+0,65	+0,79	+0,59
Juin	728,69	+0,13	-0,34	-0,70	-0,60	-0,22	+0,15	+0,15	+0,02	+0,11	+0,37	+0,52	+0,41
Juillet	726,88	+0,04	-0,42	-0,66	-0,67	-0,17	+0,42	+0,29	-0,09	-0,05	+0,38	+0,56	+0,41
Août.	727,29	+0,03	-0,46	-0,73	-0,68	-0,06	+0,22	+0,23	+0,05	+0,07	+0,32	+0,57	+0,45
Septembre . .	725,24	+0,20	-0,39	-0,69	-0,62	-0,18	+0,01	0,00	-0,08	+0,03	+0,38	+0,68	+0,67
Octobre	727,49	+0,11	-0,29	-0,37	0,00	+0,27	+0,43	+0,22	-0,22	-0,52	-0,32	+0,26	+0,43
Novembre . . .	726,26	+0,15	-0,34	-0,36	-0,06	+0,06	+0,12	-0,06	-0,24	-0,29	+0,04	+0,40	+0,60
Hiver	728,50	+0,17	-0,40	-0,40	-0,16	+0,06	+0,16	+0,05	-0,14	-0,27	-0,01	+0,30	+0,62
Printemps. . .	727,14	+0,04	-0,46	-0,71	-0,45	+0,04	+0,35	+0,23	-0,07	-0,10	+0,21	+0,44	+0,42
Été	727,61	+0,07	-0,41	-0,70	-0,65	-0,15	+0,26	+0,22	-0,01	+0,04	+0,35	+0,55	+0,42
Automne . . .	726,34	+0,15	-0,33	-0,47	-0,22	+0,05	+0,19	+0,06	-0,18	-0,26	+0,03	+0,45	+0,57
Année.	727,39	+0,11	-0,40	-0,59	-0,37	0,00	+0,25	+0,15	-0,09	-0,14	+0,15	+0,44	+0,51

Formules de la variation diurne du baromètre à Genève, pendant l'année 1868.

	mm	mm °	mm °	mm °
Décembre 1867.	B = 725,78	+0,07 sin (μ +132,3)	+0,31 sin (2 μ +168,7)	+0,11 sin (3 μ +183,6)
Janvier 1868 . .	B = 726,87	+0,10 sin (μ +322,1)	+0,35 sin (2 μ +152,3)	+0,10 sin (3 μ +184,8)
Février	B = 733,14	+0,50 sin (μ +156,9)	+0,44 sin (2 μ +165,6)	+0,07 sin (3 μ +173,0)
Mars.	B = 727,75	+0,17 sin (μ +268,5)	+0,45 sin (2 μ +164,5)	+0,01 sin (3 μ +180,0)
Avril	B = 726,35	+0,11 sin (μ +187,8)	+0,38 sin (2 μ +162,1)	+0,05 sin (3 μ + 10,7)
Mai	B = 727,28	+0,76 sin (μ +189,1)	+0,38 sin (2 μ +151,4)	+0,08 sin (3 μ +352,9)
Juin	B = 728,69	+0,44 sin (μ +183,1)	+0,29 sin (2 μ +153,4)	+0,06 sin (3 μ + 6,7)
Juillet	B = 726,88	+0,40 sin (μ +190,2)	+0,39 sin (2 μ +155,7)	+0,13 sin (3 μ +333,4)
Août	B = 727,29	+0,45 sin (μ +190,9)	+0,35 sin (2 μ +156,4)	+0,04 sin (3 μ +355,7)
Septembre. . .	B = 725,24	+0,49 sin (μ +168,3)	+0,35 sin (2 μ +160,5)	+0,01 sin (3 μ + 90,0)
Octobre.	B = 727,49	+0,07 sin (μ +347,9)	+0,43 sin (2 μ +157,0)	+0,07 sin (3 μ +210,3)
Novembre . . .	B = 726,26	+0,17 sin (μ +137,0)	+0,35 sin (2 μ +172,7)	+0,08 sin (3 μ +187,4)
Hiver	B = 728,50	+0,22 sin (μ +164,7)	+0,35 sin (2 μ +159,8)	+0,09 sin (3 μ +179,0)
Printemps . . .	B = 727,14	+0,31 sin (μ +198,0)	+0,40 sin (2 μ +160,5)	+0,03 sin (3 μ + 5,7)
Été	B = 727,61	+0,43 sin (μ +188,5)	+0,34 sin (2 μ +155,6)	+0,07 sin (3 μ + 14,6)
Automne	B = 726,34	+0,19 sin (μ +159,8)	+0,38 sin (2 μ +163,5)	+0,05 sin (3 μ +199,7)
Année	B = 727,39	+0,26 sin (μ +183,3)	+0,36 sin (2 μ +159,5)	+0,01 sin (3 μ +212,0)

SAINT-BERNARD 1868

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1867.	557,79	0,00	−0,27	−0,12	+0,02	+0,17	+0,13	−0,05	−0,25	−0,27	+0,02	+0,30	+0,31
Janvier 1868 . .	559,49	−0,04	−0,16	+0,03	+0,14	+0,35	+0,45	+0,29	−0,15	−0,56	−0,47	−0,10	+0,23
Février	566,49	+0,18	−0,08	−0,05	+0,20	+0,24	+0,28	−0,10	−0,52	−0,58	−0,16	+0,31	+0,28
Mars	560,87	−0,05	−0,22	−0,11	+0,11	+0,48	+0,60	+0,33	−0,16	−0,43	−0,33	−0,08	−0,13
Avril	562,45	+0,10	+0,09	+0,06	+0,16	+0,46	+0,43	+0,15	−0,37	−0,64	−0,48	−0,04	+0,08
Mai	568,57	+0,10	−0,05	−0,11	−0,14	+0,18	+0,37	+0,23	−0,18	−0,39	−0,18	+0,04	+0,15
Juin	568,92	+0,15	+0,05	+0,01	0,00	+0,13	+0,21	+0,10	−0,17	−0,32	−0,21	−0,03	+0,08
Juillet	568,14	+0,08	+0,10	+0,08	+0,14	+0,28	+0,43	+0,14	−0,34	−0,52	−0,28	−0,11	0,00
Août	568,54	+0,03	+0,05	+0,09	+0,11	+0,23	+0,35	+0,21	−0,18	−0,42	−0,30	−0,19	+0,03
Septembre . . .	566,89	+0,15	+0,06	0,00	+0,01	+0,10	+0,20	+0,06	−0,29	−0,43	−0,15	+0,06	+0,19
Octobre.	565,03	+0,10	−0,03	−0,01	+0,21	+0,36	+0,44	+0,16	−0,32	−0,62	−0,45	−0,05	+0,20
Novembre . . .	560,95	+0,14	−0,09	−0,08	−0,03	+0,07	+0,16	+0,09	−0,13	−0,30	−0,14	+0,05	+0,27
Hiver	561,14	+0,05	−0,17	−0,05	+0,12	+0,26	+0,29	+0,05	−0,30	−0,47	−0,20	+0,17	+0,27
Printemps . . .	563,98	+0,05	−0,06	−0,05	+0,05	+0,37	+0,47	+0,24	−0,23	−0,49	−0,33	−0,03	+0,03
Été	568,53	+0,08	+0,06	+0,06	+0,08	+0,21	+0,33	+0,15	−0,23	−0,42	−0,26	−0,11	+0,03
Automne	564,30	+0,13	−0,02	−0,03	+0,06	+0,18	+0,27	+0,10	−0,25	−0,45	−0,25	+0,02	+0,22
Année	564,50	+0,08	−0,05	−0,02	+0,07	+0,25	+0,34	+0,13	−0,26	−0,46	−0,26	+0,01	+0,14

Si l'on prend la différence entre la pression atmosphérique observée à Genève et au Saint-Bernard, on trouve pour le poids de la couche d'air comprise entre les deux stations :

ÉPOQUE	Hauteur moyenne	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.
Hiver	167,36	+0,12	−0,23	−0,35	−0,28	−0,20	−0,13	0,00	+0,16	+0,20	+0,19	+0,13	+0,35
Printemps . . .	163,16	−0,01	−0,40	−0,66	−0,50	−0,33	−0,12	−0,01	+0,16	+0,39	+0,54	+0,47	+0,39
Été	159,08	−0,01	−0,47	−0,76	−0,73	−0,36	−0,07	+0,07	+0,22	+0,46	+0,61	+0,66	+0,39
Automne	162,04	+0,02	−0,31	−0,44	−0,28	−0,13	−0,08	−0,04	+0,07	+0,19	+0,28	+0,43	+0,35
Année	162,89	+0,03	−0,35	−0,57	−0,44	−0,25	−0,09	+0,02	+0,17	+0,32	+0,41	+0,43	+0,37

Formules de la variation diurne du baromètre au Saint-Bernard, pendant l'année 1868

	mm	mm o	mm o	mm o
Décembre 1867.	B = 557,79	+0,05 sin (μ +104,8)	+0,27 sin (2 μ +186,5)	+0,04 sin (3 μ +233,6)
Janvier 1868 . .	B = 559,49	+0.27 sin (μ +345,1)	+0,29 sin (2 μ +150,1)	+0,10 sin (3 μ +315,0)
Février	B = 566.49	+0.24 sin (μ + 41,2)	+0,34 sin (2 μ +178,3)	+0,05 sin (3 μ +279,1)
Mars	B = 560,87	+0,33 sin (μ +222,4)	+0,28 sin (2 μ +159,0)	+0.04 sin (3 μ +315.0)
Avril	B = 562,45	+0,35 sin (μ + 3.3)	+0.29 sin (2 μ +153,4)	+0,04 sin (3 μ +296.6)
Mai	B = 568,57	+0.10 sin (μ +348,7)	+0.26 sin (2 μ +142,7)	+0,07 sin (3 μ +315.0)
Juin	B = 568,92	+0.13 sin (μ + 14,7)	+0,16 sin (2 μ +137.5)	+0.04 sin (3 μ +320,2)
Juillet	B = 568,14	+0.29 sin (μ + 2,0)	+0,21 sin (2 μ +152.5)	+0,09 sin (3 μ +328.0)
Août	B = 568,54	+0.26 sin (μ +352,1)	+0,17 sin (2 μ +136.2)	+0.06 sin (3 μ +301.9)
Septembre . . .	B = 566,89	+0,16 sin (μ + 42,5)	+0,21 sin (2 μ +149,7)	+0,07 sin (3 μ +296,6)
Octobre	B = 565.03	+0.30 sin (μ + 1,9)	+0,31 sin (2 μ +155,1)	+0,04 sin (3 μ +243,4)
Novembre . . .	B = 560.95	+0,07 sin (μ + 45,0)	+0,20 sin (2 μ +148,0)	+0,04 sin (3 μ +225.0)
Hiver	B = 561.14	+0,15 sin (μ + 17.3)	+0,29 sin (2 μ +171.1)	+0,06 sin (3 μ +242.8)
Printemps . . .	B = 563.98	+0,24 sin (μ +344,0)	+0,27 sin (2 μ +151.8)	+0,05 sin (3 μ +315.0)
Été	B = 568.53	+0,22 sin (μ + 0,0)	+0,18 sin (2 μ +143.5)	+0,06 sin (3 μ +315.0)
Automne	B = 564.30	+0,17 sin (μ + 18,4)	+0,24 sin (2 μ +151,7)	+0,04 sin (3 μ +262.6)
Année	B = 564.50	+0,19 sin (μ + 3,0)	+0,23 sin (2 μ +169,3)	+0.04 sin (3 μ +287,7)

Si l'on compare la hauteur moyenne du baromètre pour chaque mois avec les valeurs moyennes que j'ai déduites pour Genève des 32 années 1836-67 et pour le Saint-Bernard des 27 années 1841-67, on trouve les écarts suivants :

	Genève.	Saint-Bernard.	Genève-St-Bernard.
	mm	mm	mm
Décembre 1867	−2,65	−4,53	+1,88
Janvier 1868. .	−0,36	−1,00	+0,64
Février.	+6,68	+6,25	+0,43
Mars	+2,82	+1,16	+1,66
Avril.	+1,81	+0,82	+0,99
Mai	+2,20	+4,73	−2,53
Juin	+1,56	+1,81	−0,25
Juillet	−0,88	−0,34	−0,54
Août.	−0,36	+0,14	−0,50
Septembre . . .	−2,32	−0,56	−1,76
Octobre	+0,97	+0,43	+0,54
Novembre . . .	+0,28	−1,18	+1,46
Année	+0,78	+0,62	+0,16

Cette année encore, le baromètre a été en moyenne plus élevé que de coutume dans les deux stations; les mois de février, mars, avril, mai, juin, présentent un excédant qui dépasse les limites de l'écart probable. tandis que le mois de septembre présente seul un écart négatif en dehors de ces limites. Si l'on compare les deux stations, on voit que dans les mois de décembre, mars et novembre le baromètre a été relativement plus élevé à Genève qu'au Saint-Bernard, d'une quantité dépassant un millimètre, tandis que l'inverse a eu lieu dans les mois de mai et de septembre.

Avec les données suivantes pour l'année 1868 : 727,39 et 564,50 pour la hauteur moyenne du baromètre dans les deux stations, $+9°,93$ et $-1°,17$ pour la température moyenne, 0,75 et 0,78 pour la fraction moyenne de saturation, je trouve d'après mes tables hypsométriques, $2070^{m},8$ pour la différence d'altitude entre les deux stations, le nivellement direct a donné $2070^{m},3$.

Les tableaux suivants renferment les données qui permettent d'apprécier la variabilité du baromètre dans les deux stations, soit que l'on considère l'écart entre la hauteur moyenne du baromètre pour chaque jour et la hauteur normale, ou la variation entre deux jours consécutifs, soit que l'on considère enfin les maximas et minimas absolus observés dans chaque mois.

GENÈVE 1868

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1867 .	17	14	4	±5,35	− 9,85 le 19	+ 6,07 le 14	±3,73	− 8,45 le 4	+ 6,21 le 3
Janv. 1868.	16	15	3	7,63	−19,92 le 20	+11,84 le 16	5,40	−11,80 le 19	+15,17 le 20
Février. . .	1	28	2	7,72	− 1,90 le 8	+15,03 le 10	4,23	− 6,44 le 18	+ 9,18 le 9
Mars	11	20	7	5,83	− 8,61 le 10	+11,14 le 13	4,69	− 8,90 le 5	+11,97 le 12
Avril . . .	12	18	6	5,69	−10,23 le 9	+10,80 le 29	3,90	− 8,34 le 7	+12,96 le 20
Mai	10	21	4	3,58	− 2,31 le 8	+10,48 le 1	2,01	− 3,77 le 2	+ 5,55 le 12
Juin	8	22	6	2,90	− 2,82 le 23	+ 5,03 le 6	1,90	− 2,85 le 7	+ 5,08 le 23
Juillet . . .	19	12	9	2,13	− 4,62 le 29	+ 2,13 le 25	1,42	− 2,59 le 25	+ 3,30 le 29
Août	17	14	6	3,49	− 7,37 le 13	+ 4,49 le 28	2,06	− 5,42 le 10	+ 3,58 le 18
Septembre .	21	9	3	4,67	− 8,57 le 21	+ 6,07 le 2	1,95	− 5,04 le 20	+ 3,07 le 23
Octobre . .	11	20	3	5,53	−11,27 le 18	+11,63 le 31	3,12	− 7,79 le 17	+ 7,09 le 19
Novembre .	16	14	3	5,89	−11,14 le 7	+11,56 le 1	3,60	− 8,08 le 5	+ 5,21 le 8
Année . . .	159	207	56	±5.43	−19,92 le 20 janvier	+15.03 le 10 février	±3.35	−11,80 le 19 janvier	+15,17 le 20 janvier

SAINT-BERNARD 1868

ÉPOQUE	Écarts négatifs	Écarts positifs	Nombre de changements de signe	Écarts moyens	Écarts extrêmes		Écarts moy. entre 2 jours consécutifs	Écarts extrêmes entre 2 jours consécutifs	
					négatifs	positifs		négatifs	positifs
				mm	mm	mm	mm	mm	mm
Déc. 1867 .	18	13	7	±6,71	-12,61 le 6	+ 5,26 le 24	±4.08	-11,44 le 1	+ 6,03 le 3
Janv. 1868 .	18	13	3	6,75	-13,70 le 20	+12,58 le 17	4.07	-11,87 le 18	+ 8,85 le 20
Février *. .	1	27	2	7,40	- 0,44 le 8	+11,70 le 10	3,39	- 5.71 le 29	+ 7.64 le 23
Mars. . . .	15	16	7	4,87	- 7,43 le 24	+ 9,40 le 13	4.19	-10,47 le 5	+ 9.04 le 12
Avril. . . .	11	19	4	5,96	- 9.28 le 10	+ 9,03 le 22	3.28	- 6,89 le 7	+10.24 le 20
Mai **. . .	0	31	0	5,72	+ 0,73 le 8	+10,88 le 2	1,73	- 2,94 le 3	+ 4.03 le 12
Juin	5	25	4	3,58	- 4,69 le 9	+ 5.77 le 6	2,13	- 4,67 le 8	+ 4,04 le 24
Juillet . . .	17	14	5	3,15	- 6,82 le 4	+ 4,53 le 25	1,64	- 3.16 le 27	+ 4.63 le 30
Août. . . .	16	15	8	2,76	- 4,40 le 23	+ 5,90 le 9	2,34	- 6.35 le 16	+ 3,30 le 6
Septembre.	17	13	5	3.81	- 6,76 le 22	+ 6.35 le 5	1,59	- 2.60 le 20	+ 4.23 le 23
Octobre . .	11	20	3	3,81	- 8,43 le 19	+ 7.49 le 31	2,43	- 4.52 le 18	+ 4,69 le 5
Novembre .	19	11	5	5,96	-13,40 le 7	+10,35 le 1	3,31	- 7.51 le 5	+ 4.32 le 10
Année . . .	148	217	53	±5,16	-13,70 le 20 janvier	+12,58 le 17 janvier	±2,96	-11.87 le 18 janvier	+10,24 le 20 avril

* L'écart était nul un jour de ce mois.
** La pression atmosphérique a été pendant tout le mois au-dessus de la pression normale.

GENÈVE 1868.

	Maximum.	Date	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1867.	734,14	le 24	713,85	le 2	20,29
Janv. 1868.	740,42	le 16	705,67	le 20	34,75
Février . .	742,84	le 10	723,82	le 8	19,02
Mars . . .	737,05	le 4	715,48	le 10	21,57
Avril . . .	736,20	le 29	712,92	le 9	23,28
Mai	736,03	le 1	721,71	le 8	14,32
Juin. . . .	732,82	le 26	723,41	le 23	9,41
Juillet. . .	730,82	le 31	722,84	le 28	7,98
Août . . .	733,19	le 27	718,65	le 13	14,54
Septembre.	734,67	le 2	717,32	le 21	17,35
Octobre. .	738,68	le 31	713,90	le 18	24,78
Novembre.	738,85	le 1	713,36	le 6	25,49
Année . . .	742,84	le 10 février.	705,67	le 20 janvier.	37,17

SAINT-BERNARD 1868.

	Maximum.	Date.	Minimum.	Date.	Amplitude.
	mm		mm		mm
Déc. 1867.	567,39	le 24	547,08	le 3	20,31
Janv. 1868.	573,94	le 16 et le 17	545,26	le 20	28,68
Février . .	573,15	le 10	558,14	le 8	15,01
Mars . . .	570,08	le 13	552,07	le 10	18,01
Avril . . .	571,90	le 30	550,94	les 9 et 10	20,96
Mai	574,89	le 27	563,13	le 8	11,76
Juin. . . .	573,71	le 26	560,21	le 9	13,50
Juillet. . .	573,79	le 25	560,71	le 4	13,08
Août . . .	574,90	le 9	565,32	le 6	9,58
Septembre.	574,27	le 2	558,36	le 22	15,91
Octobre . .	572,62	le 31	554,61	le 19	18,01
Novembre.	573,83	le 1	547,54	le 8	26,29
Année. . .	574,90	le 9 août.	545,26	le 20 janvier.	29,64

GENÈVE 1868. — Tension de la vapeur.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	18 h.	20 h.	22 h.	TENSION moyenne des 24 h.	TENSION Minimum absolu	TENSION Maximum absolu
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Décembre 1867.	3,85	3,93	3,97	3,91	3,80	3,77	3,72	3,77	3,81	3,81	1,91	7,07
Janvier 1868 . .	3,74	3,77	3,71	3,76	3,72	3,74	3,59	3,50	3,66	3,67	1,68	6,34
Février	4,32	4,28	4,24	4,49	4,45	4,35	3,97	4,06	4,30	4,25	2,53	6,81
Mars	4,61	4,53	4,43	4,40	4,56	4,58	4,39	4,56	4,67	4,47	2,49	7,31
Avril	5,76	5,60	5,57	5,87	5,93	5,94	5,68	5,85	5,76	5,73	2,55	10,88
Mai.	10,33	10,03	9,97	10,16	10,41	10,28	10,11	10,60	10,47	10,23	5,90	14,53
Juin	9,94	9,85	9,87	10,32	10,45	10,29	10,27	10,49	10,30	10,16	6,79	15,67
Juillet	11,33	11,18	10,78	10,95	11,81	11,66	11,37	11,74	11,44	11,31	6,35	17,27
Août	11,22	11,50	11,45	11,30	11,83	11,60	11,13	11,68	11,45	11,31	6,36	17,27
Septembre . . .	10,82	10,75	10,93	11,46	11,50	10,91	9,92	10,87	10,86	10,73	7,41	14,27
Octobre.	7,97	7,81	7,84	8,06	7,82	7,66	7,70	7,99	7,98	7,74	3,46	12,54
Novembre . . .	5,06	5,01	4,95	4,98	4,88	4,74	4,68	4,68	4,98	4,86	2,90	7,42
Hiver.	3,96	3,99	3,97	4,05	3,98	3,94	3,76	3,77	3,92	3,90	1,68	7,07
Printemps . . .	6,91	6,73	6,67	6,82	6,98	6,95	6,74	7,02	6,98	6,82	2,49	14,53
Été	10,84	10,85	10,61	10,86	11,38	11,19	10,93	11,31	11,07	10,93	6,35	17,27
Automne	7,95	7,86	7,91	8,17	8,07	7,77	7,44	7,85	7,94	7,78	2,90	14,27
Année	7,43	7,36	7,30	7,48	7,61	7,47	7,23	7,50	7,48	7,37	1,68	17,27

GENÈVE 1868. — Fraction de saturation en millièmes.

ÉPOQUE	Midi	2 h.	4 h.	6 h.	8 h.	10 h.	(Minuit)	(14 h.)	(16 h.)	18 h.	20 h.	22 h.	Fraction moyenne	Minimum absolu	Maximum absolu
Déc. 1867 .	746	774	809	840	852	865	872	865	864	869	858	804	835	380	1000, 6 fois
Janvier 1868	756	736	745	810	831	863	864	867	868	863	848	814	822	450	1000, 30 »
Février. . .	586	534	549	672	737	778	812	836	872	890	874	702	737	350	1000, 10 »
Mars	636	586	591	633	715	765	804	841	870	850	790	690	731	400	1000, 5 »
Avril	572	522	519	597	669	742	796	863	898	852	713	614	696	260	1000, 2 »
Mai	557	522	494	550	659	734	797	850	893	855	738	637	691	240	980
Juin	525	509	512	577	654	717	763	821	852	803	671	590	666	300	1000, 3 »
Juillet . . .	556	520	511	548	663	751	814	859	883	841	719	616	690	230	1000, 1 »
Août	582	556	533	595	704	767	819	874	912	878	746	653	718	340	980
Septembre .	629	581	608	703	799	834	866	911	950	928	822	695	777	300	1000, 7 »
Octobre . .	724	681	707	798	833	860	876	901	923	916	887	780	824	430	1000, 9 »
Novembre .	787	752	779	845	864	869	879	904	916	907	884	838	852	350	1000, 25 »
Hiver. . . .	698	684	705	776	808	836	850	859	868	874	860	775	799	350	1000, 46 fois
Printemps .	589	544	535	593	681	747	799	851	887	852	747	647	706	240	1000, 7 »
Été	555	528	519	573	674	745	799	852	883	841	712	620	692	230	1000, 4 »
Automne . .	713	672	698	782	832	855	874	905	930	917	865	771	818	300	1000, 41 »
Année . . .	638	606	613	680	748	795	830	866	891	871	795	703	753	230	1000, 98 fois

Formules de la variation diurne de la fraction de saturation. — GENÈVE 1868.

Décembre 1867	$H = 835 + 50 \sin(\mu + 250°,1) + 24 \sin(2\mu + 247°,8) + 12 \sin(3\mu + 270°,0)$
Janvier 1868	$H = 822 + 64 \sin(\mu + 235,6) + 23 \sin(2\mu + 207,2) + 5 \sin(3\mu + 180,0)$
Février	$H = 737 + 163 \sin(\mu + 221,6) + 58 \sin(2\mu + 222,6) + 7 \sin(3\mu + 254,1)$
Mars	$H = 731 + 138 \sin(\mu + 222,4) + 18 \sin(2\mu + 233,1) + 8 \sin(3\mu + 45,0)$
Avril	$H = 696 + 179 \sin(\mu + 227,9) + 19 \sin(2\mu + 295,2) + 17 \sin(3\mu + 66,4)$
Mai	$H = 691 + 190 \sin(\mu + 222,9) + 11 \sin(2\mu + 264,8) + 16 \sin(3\mu + 47,5)$
Juin	$H = 666 + 166 \sin(\mu + 231,3) + 21 \sin(2\mu + 294,1) + 16 \sin(3\mu + 63,4)$
Juillet	$H = 690 + 188 \sin(\mu + 227,3) + 6 \sin(2\mu + 239,0) + 17 \sin(3\mu + 31,5)$
Août	$H = 718 + 180 \sin(\mu + 226,4) + 14 \sin(2\mu + 270,0) + 19 \sin(3\mu + 231,3)$
Septembre	$H = 777 + 170 \sin(\mu + 231,9) + 37 \sin(2\mu + 246,2) + 12 \sin(3\mu + 65,9)$
Octobre	$H = 824 + 108 \sin(\mu + 229,7) + 36 \sin(2\mu + 233,3) + 4 \sin(3\mu + 164,1)$
Novembre	$H = 852 + 67 \sin(\mu + 230,1) + 26 \sin(2\mu + 233,0) + 10 \sin(3\mu + 159,8)$
Hiver	$H = 799 + 89 \sin(\mu + 230,6) + 34 \sin(2\mu + 225,8) + 8 \sin(3\mu + 249,6)$
Printemps	$H = 706 + 169 \sin(\mu + 224,2) + 15 \sin(2\mu + 267,3) + 15 \sin(3\mu + 55,6)$
Été	$H = 692 + 178 \sin(\mu + 228,0) + 14 \sin(2\mu + 288,2) + 18 \sin(3\mu + 49,9)$
Automne	$H = 818 + 115 \sin(\mu + 230,6) + 33 \sin(2\mu + 239,4) + 7 \sin(3\mu + 110,2)$
Année	$H = 753 + 138 \sin(\mu + 227,7) + 22 \sin(2\mu + 245,0) + 8 \sin(3\mu + 59,7)$

Si l'on compare l'année 1868 avec la moyenne des 20 années 1848-67, on trouve les écarts suivants pour la tension moyenne de la vapeur, pour la fraction moyenne de saturation en millièmes, et pour le nombre des cas de saturation.

	Écarts.		
	tension moyenne.	fraction de saturation.	cas de saturation
	mm		
Décembre 1867 .	−0,41	− 37	−35
Janvier 1868 . .	−0,45	− 40	− 4
Février	−0,10	− 84	− 9
Mars	−0,22	− 30	− 5
Avril	−0,34	− 12	− 2
Mai	+2,39	− 23	− 5
Juin	+0,22	− 41	+ 1
Juillet	+0,73	+ 12	− 1
Août	+0,71	+ 10	− 2
Septembre. . . .	+1,22	− 2	+ 1
Octobre	−0,05	− 13	−12
Novembre	−0,47	+ 16	+ 8
Hiver	−0,33	− 53	−48
Printemps	+0,62	− 22	−12
Été	+0,56	− 6	− 2
Automne	+0,23	0	− 3
Année.	+0,27	− 20	−65

Dans les cinq premiers mois de l'année et en novembre, la tension de la vapeur a été inférieure à la moyenne, l'humidité relative a été également plus faible que de coutume, sauf en novembre, où l'on trouve un léger excédant. De mai à septembre, au contraire, on trouve un excédant dans la tension de la vapeur, très-notable pour ces deux mois en particulier; malgré cela, l'humidité relative a été plus faible que de coutume. Le nombre des cas de saturation est très-inférieur à la moyenne, surtout au mois de décembre: dans l'année il n'y en a eu que 98 au lieu de 163, c'est-à-dire les six dixièmes seulement. L'année peut ainsi être considérée comme ayant été sèche, au point de vue de l'humidité relative, bien que la tension de la vapeur ait dépassé la moyenne.

Vents observés à Genève, dans l'année 1868.

	Décemb. 1867.	Janvier 1868.	Février.	Mars.	Avril.	Mai.	Juin.	Juillet.	Août.	Septembre.	Octobre.	Novembre.	Année.
Calme	2	4	3	1	7	18	5	16	23	16	6	0	101
N. . .	45	40	62	89	88	94	141	148	86	90	73	59	1015
NNE .	156	98	64	82	61	36	89	54	52	10	60	101	863
NE. .	20	14	8	12	12	8	18	4	5	5	11	22	139
ENE .	1	3	0	2	4	2	1	1	3	3	4	0	24
E. . .	13	14	4	8	5	3	2	7	4	5	7	5	77
ESE .	3	5	1	2	4	1	2	3	3	1	1	3	29
SE. .	3	9	4	10	6	1	2	1	0	5	8	16	65
SSE. .	9	4	1	3	3	3	0	4	5	5	11	5	53
S. . .	27	31	27	21	20	26	11	8	13	26	30	32	272
SSO. .	54	61	59	49	70	38	25	36	68	50	23	32	565
SO. .	28	38	34	37	39	19	13	16	22	42	38	21	347
OSO. .	10	15	12	10	6	7	9	4	6	2	5	7	93
O. . .	9	11	8	7	10	14	5	6	6	9	8	8	101
ONO .	0	2	0	0	2	1	2	1	2	1	0	1	12
NO. .	5	5	3	6	5	7	6	3	0	4	11	1	56
NNO .	4	10	4	12	15	16	10	13	11	5	6	2	108

	RAPPORT. Vents NE. à SO.	RÉSULTANTE. Direction.	RÉSULTANTE. Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Décembre 1867 .	1,84	N 18,1° E	37,3	0,7
Janvier 1868. . .	1,08	N 8,9 E	10,2	1,4
Février	0,93	N 59,5 O	13,8	1,1
Mars	1,56	N 7,0 O	29,8	0,4
Avril	1,17	N 32,4 O	21,7	2,6
Mai	1,37	N 24,1 O	28,6	6,4
Juin.	3,98	N 3,1 E	74,8	1,9
Juillet.	3,06	N 2,2 O	58,8	5,7
Août	1,30	N 25,8 O	20,0	8,2
Septembre . . .	0,88	N 89,3 O	16,2	5,9
Octobre	1,49	N 6,4 O	19,8	2,2
Novembre. . . .	1,87	N 22,7 E	30,0	0,0
Année	1,54	N 7,7 O	27,1	3,1

La comparaison de ces chiffres avec ceux déduits d'une longue série d'années montre une prédominance marquée des vents du nord, surtout dans les mois de décembre, mars, juin, juillet et novembre. Si l'on compare la fréquence relative des vents du N., NNE et NE avec ceux du S., SSO et SO, en réduisant les chiffres du tableau précédent se rapportant à 3294 observations, au chiffre proportionnel de 1000, on trouve :

	1868.	Moyenne.	1868–Moy.		1868.	Moyenne.	1868–Moy.
N.	308	273	+35	S.	82	116	—34
NNE.	262	216	+46	SSO.	172	194	—22
NE.	42	38	+ 4	SO.	105	125	—20
Pour les 3 directions N à NE			+85	Pour les 3 directions S à SO			—76

Le nombre de jours de forte bise a été supérieur à la moyenne, d'après le tableau suivant, de 51 dans l'année au lieu de 45, tandis que le nombre de jours où un fort vent du midi a régné pendant toute la journée a été notablement plus faible que de coutume, on n'en compte que 19 dans l'année, au lieu de 54.

	Nombre de jours de	
	forte bise.	fort vent du Midi.
Décembre 1867 . .	9	3
Janvier 1868	4	4
Février.	3	1
Mars	6	2
Avril.	4	6
Mai	1	0
Juin	6	0
Juillet	5	1
Août	2	2
Septembre	0	0
Octobre	4	0
Novembre	7	0
Année	51	19

Les vents observés au Saint-Bernard pendant l'année 1868 sont :

	VENTS.			RÉSULTANTE.		
	NE.	SO.	Rapport.	Direction.	Intensité sur 100.	Calme sur 100.
Déc. 1867.	417	28	14,89	N 45° E	139,4	5,4
Janv. 1868.	241	61	3,95	N 45 E	64,5	15.0
Février . .	246	25	9,84	N 45 E	84,7	5,7
Mars. . . .	355	45	7,89	N 45 E	111,1	3,9
Avril . . .	228	71	3,21	N 45 E	58,1	11,9
Mai	97	125	0,78	S 45 O	10,0	26,9
Juin. . . .	180	21	8,57	N 45 E	58,9	30,7
Juillet . . .	225	28	8,04	N 45 E	70,6	25,8
Août . . .	168	77	2,18	N 45 E	32,6	21,5
Septembre.	88	222	0,39	S 45 O	49,6	10,0
Octobre. .	192	138	1,39	N 45 E	19,4	6,1
Novembre.	146	77	1,90	N 45 E	25,6	31,8
Année. . .	2583	918	2,81	N 45 E	50,5	16,2

Au Saint-Bernard, la prédominance des vents du NE est également très-marquée, elle s'est maintenue dans tous les mois de l'année, sauf en mai et en septembre; au mois de mai, le vent du SO régnait au Saint-Bernard, tandis qu'à Genève la prédominance du vent du NE est assez marquée. L'inverse a eu lieu au mois de février, où les vents du NE régnaient au Saint-Bernard avec une grande intensité, tandis qu'à Genève on avait plutôt une prédominance des vents d'ouest.

Pluie ou neige dans l'année 1868.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.	Nombre de jours.	Eau tombée.	Nombre d'heures.
		mm			mm	
Décemb. 1867.	9	18,7	39	2	8,1	11
Janvier 1868 .	12	38,5	68	8	44,5	103
Février	3	3,5	10	1	2,5	2
Mars	11	64,3	59	7	27,0	31
Avril	13	55,9	59	7	71,7	37
Mai	12	74,1	30	7	77,9	44
Juin.	5	27,8	32	10	101,0	59
Juillet.	11	58,8	31	8	40,3	20
Août	13	61,8	43	10	180,6	33
Septembre. . .	11	133,3	73	11	229,9	69
Octobre	13	90,3	80	11	257,8	112
Novembre. . .	9	55,8	62	4	34,6	47
Hiver	24	60,7	117	11	55,1	116
Printemps. . .	36	194,3	148	21	176,6	112
Été	29	148,4	106	28	321,9	112
Automne . . .	33	279,4	215	26	522,3	228
Année.	122	682,8	586	86	1075,9	568

La quantité de neige tombée à Genève pendant l'hiver a été peu considérable ; le 6 décembre le sol a été recouvert d'une couche de 74mm qui n'a fondu entièrement qu'au bout de 6 à 7 jours ; au mois de janvier il est tombé de la neige à trois reprises, mais elle a fondu au bout de quelques heures.

Les chutes de neige les plus abondantes ont eu lieu à une époque de l'année, où un pareil phénomène est peu fréquent ; ainsi, le 10 mars le sol a été couvert d'une couche de 20 centimètres qui a persisté pendant deux

jours, et le 6 novembre il a neigé sans interruption pendant 24 heures, et le sol a été recouvert pendant plusieurs jours d'une couche de neige, qui avait à l'origine 10 centimètres d'épaisseur.

La comparaison de l'année 1868 avec la moyenne des 42 années 1826-67 donne les différences suivantes, à Genève, pour le nombre de jours de pluie, et pour la quantité d'eau tombée.

	Excès sur le nombre de jours de pluie.	Excès sur la quantité d'eau tombée.
		mm
Décembre 1867 . . .	0	— 31,2
Janvier 1868	+ 2	— 10,4
Février	— 5	— 34,1
Mars	+ 1	+ 15,8
Avril	+ 2	— 2,5
Mai	0	— 7,8
Juin	— 6	— 49,8
Juillet	+ 2	— 8,7
Août	+ 3	— 19,3
Septembre	0	+ 32,6
Octobre	+ 2	— 7,6
Novembre	— 1	— 18,0
Hiver	— 3	— 75,7
Printemps	+ 3	+ 5,5
Été	— 1	— 77,8
Automne	+ 1	+ 7,0
Année	0	—141,0

Le nombre de jours de pluie s'écarte fort peu de la moyenne pour les différents mois, sauf en février et en juin, où il est plus faible, mais le nombre total dans l'an-

née est égal à la moyenne; les chutes d'eau ont été moins abondantes, surtout en hiver et en été, les mois de février et de juin présentent le déficit le plus considérable. Les deux seuls mois qui aient donné un excédant de pluie sont ceux de mars et de septembre, le déficit total de l'année est de 141 millimètres, en sorte qu'à ce point de vue également l'année peut être considérée comme ayant été sèche.

J'ai relevé dans le tableau suivant, pour chaque mois, les périodes principales de sécheresse, ou de jours consécutifs sans pluie, et les périodes pluvieuses, ou de jours de pluie consécutifs; je donne également le nombre de jours où la quantité d'eau tombée dans 24 heures a été faible, au-dessous d'un millimètre, ou très-faible au-dessous d'un quart de millimètre; enfin la quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures, et le nombre de jours où cette quantité a atteint trois centimètres.

	Périodes de sécheresse.	Périodes pluvieuses.	Pluie dans 24 heures au-dessous de $1^{mm},0$.	Pluie dans 24 heures au-dessous de $0^{mm},25$.	Pluie dans 24 heures maximum.	Pluie dans 24 heures dépassant 3^{cm}
Décembre 1867	6 jours (28– 2 janvier)	2 jours	4	–	mm 7,9 le 15	–
Janvier 1868..	5 » (8–12)	3 »	3	1	12,0 le 20	–
Février	19 » (4–22)	2 »	2	–	2,9 le 23	–
Mars	5 » (13–17)	4 » (5– 8)	–	–	20,3 le 10	–
Avril	10 » (29 mars au 7)	2 »	4	2	13,5 le 27	–
Mai	6 » (14–19 et 23–28)	3 »	4	1	15,4 le 12 et le 20	–
Juin	11 » (10–20)	2 »	–	–	13,6 le 9	–
Juillet	4 »	3 »	3	1	17,3 le 3 et le 27	–
Août	4 »	4 » (19–22)	4	3	22,4 le 17	–
Septembre....	19 » (25 août–12 sept.)	3 »	–	–	60,4 le 27	1
Octobre......	6 » (6–11)	6 » (30 sept.–5 oct.)	2	–	15,8 le 1	–
Novembre	8 » (15–22)	4 » (5– 8)	4	1	22,4 le 7	–
Année	19 jours	6 jours	30	9	60,4 le 27 sept.	1

Il n'y a pas eu ainsi de longues périodes de sécheresse, le plus grand intervalle sans pluie ayant été de 19 jours, à deux reprises dans l'année, au mois de février, et de la fin d'août au milieu de septembre, mais il n'y a pas eu non plus de longues périodes de jours consécutifs de pluie. Sur les 122 jours de pluie de l'année, il s'en trouve 30, où il n'est tombé qu'une faible quantité d'eau, au-dessous d'un millimètre, et 9, où la quantité était insignifiante, au-dessous d'un quart de millimètre. La quantité maximum d'eau tombée dans 24 heures n'a atteint dans aucun mois un chiffre élevé, sauf en septembre où l'on trouve $60^{mm},4$ pour l'eau recueillie le 27 septembre, c'est le seul jour où cette quantité ait dépassé 3 centimètres.

J'ai formé, comme pour les années précédentes, le tableau suivant qui fait ressortir d'une manière plus claire, à quelques égards, la distribution de la pluie. Ce tableau fait connaître, pour les deux stations, la durée relative de la pluie, obtenue en divisant le nombre d'heures de pluie par mois, par saison, et pour l'année, par le nombre total d'heures contenu dans chaque période; le nombre moyen d'heures pendant lequel il a plu un jour de pluie, enfin la quantité moyenne d'eau tombée dans une heure.

	GENÈVE.			SAINT-BERNARD.		
	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.	Durée relative de la pluie.	Nombre moyen d'heures par jour.	Eau tombée dans 1 heure.
			mm			mm
Déc. 1867.	0,053	4,33	0,48	0,015	5,50	0,74
Janv. 1868.	0,091	5,67	0,57	0,138	12,87	0,43
Février. . .	0,014	3,33	0,35	0,003	2,00	1,25
Mars. . . .	0,077	5,38	1,09	0,042	4,43	0,87
Avril. . . .	0,082	4,53	0,95	0,051	5,29	1,93
Mai	0,040	2,50	2,47	0,059	6,29	1,77
Juin	0,044	6,35	0,88	0,082	5,90	1,71
Juillet . . .	0,041	2,80	1,91	0,027	2,50	2,01
Août. . . .	0,058	3,33	1,43	0,044	3,30	5,50
Septembre.	0,101	6,59	1,84	0,096	6,27	3,33
Octobre . .	0,108	6,14	1,12	0.151	10,18	2,30
Novembre .	0,086	6,89	0,90	0,065	11,75	0,74
Hiver. . . .	0,054	4,87	0,52	0,053	10,55	0,48
Printemps .	0,067	4,11	1,31	0,051	5,33	1,58
Été	0,047	3,65	1,43	0,051	4,00	2,87
Automne. .	0,099	6,52	1,30	0,104	8,77	2,29
Année . . .	0,067	4,80	1,16	0,065	6,60	1,89

La quantité d'eau tombée au Saint-Bernard en 1868 est beaucoup plus faible que de coutume, l'hiver en particulier présente un déficit très-considérable, la quantité de neige tombée dans cette saison étant presque insignifiante comparativement à celle qui tombe ordinairement.

Hauteur de la neige tombée au Saint-Bernard dans les différents mois de 1868.

	millimètres.
Décembre 1867. . . .	120
Janvier 1868	637
Février.	20
Mars	240
Avril	450
Mai.	0
Juin	70
Juillet.	0
Août	0
Septembre	0
Octobre.	590
Novembre	380
Année	2507

Le nombre de jours, où l'on a entendu le tonnerre à Genève dans l'année 1868, s'élève à 36 répartis comme suit; les détails sur les orages se trouvent dans les tableaux mensuels.

	Jours de tonnerre à Genève.	Jours d'éclairs sans tonnerre.
Décembre 1867. . . .	0	0
Janvier 1868.	0	0
Février	0	0
Mars	1	0
Avril	1	0
Mai	12	6
Juin	5	3
Juillet	6	4
Août.	6	0
Septembre	4	6
Octobre.	1	1
Novembre.	0	0
Année.	36	20

Voici enfin le nombre des jours, où l'on a observé des halos, ou des couronnes, autour du soleil, ou autour de la lune; les détails sur ces phénomènes se trouvent également dans les tableaux mensuels.

	Halo solaire.	Couronne solaire.	Halo lunaire.	Couronne lunaire.
Décembre 1867. .	1	0	1	5
Janvier 1868 . . .	1	1	1	2
Février	2	2	2	5
Mars	2	2	1	4
Avril	2	3	1	1
Mai	5	2	0	3
Juin.	2	0	0	1
Juillet.	5	3	0	0
Août	5	2	0	1
Septembre.	1	1	1	3
Octobre	4	1	0	4
Novembre	0	0	0	1
Année.	30	17	7	30

État du ciel.

D'après la notation adoptée, la portion du ciel couverte par des nuages est exprimée en dixièmes, 0,0 représentant un ciel parfaitement clair, et 1,0 un ciel entièrement couvert. Un jour est rangé dans la catégorie des jours clairs, peu nuageux, très-nuageux ou couverts, selon que la clarté moyenne déduite des neuf observations diurnes est comprise entre les limites respectives de 0,0 et 0,25; 0,25 et 0,50; 0,50 et 0,75; 0,75 et 1,00.

On trouve, pour l'année 1868, les nombres suivants pour les différentes catégories et pour la clarté moyenne du ciel, soit à Genève soit au Saint-Bernard.

	GENÈVE.					SAINT-BERNARD.				
	Jours clairs.	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.	Jours clairs	Jours peu nuag.	Jours très-nuag.	Jours cou-verts.	Clarté moyenne.
Déc. 1867.	2	4	3	22	0,77	7	4	5	15	0,62
Janv. 1868.	3	0	5	23	0,81	11	4	4	12	0,53
Février. . .	15	4	4	6	0,36	17	4	3	5	0,31
Mars	4	6	6	15	0,64	8	5	4	14	0,61
Avril	6	5	6	13	0,59	8	4	1	17	0,61
Mai.	11	7	9	4	0,42	7	3	10	11	0,55
Juin	14	6	4	6	0,40	3	5	12	10	0,65
Juillet . . .	8	10	7	6	0,47	3	6	4	18	0,68
Août	9	6	8	8	0,50	7	2	9	13	0,61
Septembre	14	1	8	7	0,44	6	4	6	14	0,64
Octobre . .	3	6	5	17	0,71	2	5	5	19	0,76
Novembre .	4	3	1	22	0,79	16	2	2	10	0,41
Hiver. . . .	20	8	12	51	0,651	35	12	12	32	0,494
Printemps .	21	18	21	32	0,549	23	12	15	42	0,590
Été.	31	22	19	20	0,453	13	13	25	41	0,644
Automne. .	21	10	14	46	0,648	24	11	13	43	0,608
Année . . .	93	58	66	149	0,575	95	48	65	158	0,584

Le ciel a été en moyenne plus clair que de coutume à Genève, pendant l'année 1868, surtout pendant l'hiver, ce qui est dû à la sérénité presque constante pendant le mois de février; les mois de mai, juin et septembre ont été également plus clairs que de coutume. On peut enfin noter la proportion très-faible de jours de brouillard, même dans la saison où ils sont ordinairement assez fréquents.

GENÈVE, 1868.

	Brouillard tout le jour.	Brouillard une partie de la journée.	Nombre total.
Décembre 1867. . .	2	1	3
Janvier 1868	2	0	2
Février.	0	0	0
Mars.	0	0	0
Avril.	0	0	0
Mai	0	0	0
Juin	0	0	0
Juillet	0	0	0
Août	0	0	0
Septembre	0	0	0
Octobre	0	2	2
Novembre	1	6	7
Année	5	9	14

RECHERCHES
SUR DES ANNÉLIDES
PRÉSENTANT
DEUX FORMES SEXUÉES DISTINCTES

PAR

ÉDOUARD CLAPARÈDE [1]

La famille des Lycoridiens comprend deux genres principaux d'Annélides polychétes, connus sous les noms de Néréides et d'Hétéronéréides. La forme des Néréides est bien connue, car ces vers sont partout figurés comme type de la classe des Annélides. Ce sont de longs vers cylindriques, composés d'un grand nombre de segments portant chacun une paire de pieds armés de soies très-caractéristiques. Ces soies sont formées d'une hampe, à l'extrémité de laquelle est articulée une pièce, en forme de serpe dans les unes, en forme d'arête dentelée dans les autres. En avant le ver se termine par un segment buccal, porteur de quatre paires de cirres, et par un lobe céphalique orné de deux antennes, de deux palpes et de quatre petits yeux. Par la bouche peut saillir une trompe exsertile, armée de deux fortes mâchoires et le plus souvent, en outre, d'une foule de petits denticules, soit paragnathes.

[1] Ces recherches sont extraites d'un travail étendu sur les Annélides du golfe de Naples. Le temps exigé par la gravure des planches ne saurait permettre la publication de ce mémoire que dans un avenir assez éloigné. L'auteur a donc pensé bien faire d'en détacher provisoirement les pages suivantes, dont la compréhension est possible sans le secours du dessin.

Les Hétéronéréides sont formées de deux parties entièrement dissemblables. Par toute leur région antérieure, ce sont de vraies Néréides dans tous les détails, si ce n'est que le lobe céphalique est beaucoup plus large et que les yeux ont des proportions gigantesques. Quant à la région postérieure, elle n'offre aucune ressemblance avec les Néréides. Les pieds y prennent des proportions extraordinaires; ils se développent en plusieurs lobes membraneux de forme bizarre; enfin l'armure de chacun d'eux est formée par deux éventails de longues soies dont la hampe porte, articulée à son extrémité, une grande palette. Toutes les palettes d'un même éventail, imbriquées les unes sur les autres, sont utilisées par l'animal comme une rame puissante. A l'aide de ces nombreux éventails dont les éléments constitutifs irradient toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, le ver nage avec impétuosité au sein des vagues.

Dès 1864, M. Malmgren fut conduit à soupçonner une liaison génétique entre les Lycoridiens du genre Néréis et ceux du genre Hétéronéreis dans le sens le plus étendu de ce mot, c'est-à-dire en comprenant sous cette dénomination les sous-genres démembrés par M. Malmgren sous les noms d'Iphinéréis, d'Eunéréis et d'Hedyle. Ce soupçon naquit d'une comparaison, d'une part de la *Nereis pelagica* Linn. avec l'*Heteronereis grandifolia (Nereis grandifolia* Rathke) et, d'autre part, de la *Nereis (Leontis) Dumerilii* Aud. Edw. (*Nereilepas variabilis* Oersted) avec l'*Heteronereis (Iphinereis) fucicola* Oerst. Fait-on, en effet, abstraction des appendices foliacés et des soies rémigères si particulières de la région postérieure du corps, ainsi que du renflement des cirres dorsaux dans la région postérieure chez les mâles, il y a une ressemblance qui va presque

jusqu'à l'identité entre ces espèces. Or, les caractères que nous venons d'énumérer, paraissant ne se développer qu'à l'époque de la maturité sexuelle, pourraient bien n'avoir pas grande importance spécifique. Quoi donc de plus séduisant que de voir dans les Néréidiens la souche agame d'individus sexués apparaissant sous la forme d'Hétéronéreidiens? Le fait que le savant finlandais trouvait régulièrement ses Iphinéréides pleines d'œufs ou de sperme, tandis qu'il cherchait vainement les organes générateurs de la *Leontis Dumerilii*, ne devait-il pas encore ajouter à la séduction de cette hypothèse? Cependant, en 1867, M. Ljungman faisait parvenir à M. Malmgren des exemplaires de la *Nereis* (*Leontis*) *Dumerilii* renfermant des œufs de taille assez considérable. M. Malmgren n'osa plus considérer cette forme comme la souche agame d'une Iphinéréis. Mais il avait entrevu la vérité et ne pouvait renoncer totalement à son hypothèse première. « Je n'ai point renoncé, dit-il, à ma supposition que toutes les espèces des genres Iphinéréis et Hétéronéréis ne sont au fond que des formes sexuées dans des séries de générations encore inconnues. Peut-être que dans l'espèce si polymorphe que j'ai décrite sous le nom de *Leontis Dumerilii*, se dissimule une plus petite espèce qui prend, pendant l'époque de la maturité, les caractères d'Iphinéréis, pour les déposer plus tard et revenir à la forme agame. » Dans l'esprit de l'auteur, cette dernière remarque devait sans doute rendre compte de ce fait que beaucoup d'individus de la forme de Léontis atteignent une taille plus considérable que les Iphinéréis.

Il ne faut donc pas perdre de vue que M. Malmgren a admis d'abord une génération alternante, puis une métamorphose, pour rendre compte des affinités entre les Né-

réides et les Hétéronéreides. Nous montrerons plus loin combien ces deux hypothèses étaient justifiées. C'est, dans tous les cas, à M. Malmgren que revient l'honneur d'avoir le premier entrevu les vraies relations des Néréidiens et des Hétéronéréidiens et d'avoir provoqué les travaux de ceux qui s'occupent avec succès aujourd'hui de ce sujet.

En 1867, M. Ehlers arrivait de son côté [1] à constater les mêmes faits et à les interpréter en faveur d'une métamorphose des Néréides et des Hétéronéréides. La seconde livraison de son bel ouvrage « Die Borstenwürmer » parue à la fin de l'année 1868, renferme une série de recherches qui rend à peu près indubitable l'unité spécifique de la *Nereis (Lipephile) cultrifera* Grube et de l'*Heteronereis lobulata* (*Lycoris lobulata* Rathke); de la *Nereis pelagica* Linn. et de l'*Heteronereis grandifolia (Nereis grandifolia* Rathke); de la *Nereis (Leontis) Dumerilii* Aud. et Edw. et de l'*Heteronereis fucicola* Oersted: de la *Nereis vexillosa* Grube et de l'*Heteronereis Middendorffii* Malmgr.; de la *Nereis (Nereïlepas) fucata* (*Lycoris fucata* Sav.) et de l'*Heteronereis glaucopis* Malmgr. Chez quelques autres espèces, telles que la *Nereis Agassizii* Ehl. et la *N. virens* Kinb., il a également fait connaître une forme d'Hétéronéréide.

Les arguments de M. Ehlers sont comme ceux de M. Malmgren basés sur la comparaison d'individus conservés dans les musées. Ils sont d'ailleurs de même nature. Seu-

[1] Dans mes Annélides chétopodes du golfe de Naples, p. 172 (*Soc. de Phys.*, tome XIX, p. 482), j'ai représenté M. Ehlers comme ayant simplement développé l'hypothèse de M. Malmgren. Ce savant m'a adressé une réclamation à ce sujet, en me déclarant qu'il était arrivé à reconnaître la parenté des Néréides et des Hétéronéréides à une époque où les travaux de M. Malmgren lui étaient inconnus. Je lui donne volontiers acte ici de cette déclaration.

lement l'auteur s'est livré à une étude extrêmement minutieuse des rames pédieuses, permettant une comparaison rigoureuse des formes. Il a dirigé son attention sur les phases intermédiaires et rencontré des individus chez lesquels l'armure pédieuse de Néréide était déjà partiellement tombée, pour faire place à des soies nouvelles présentant la forme caractéristique des Hétéronéréides. M. Ehlers pense que les Néréidiens se transforment en Hétéronéréidiens au moment de la maturité sexuelle. Il appelle par suite les premiers des phases *atoques* et les seconds des phases *épitoques*. Ces noms ne peuvent être conservés, quelque convenables qu'ils puissent paraître au premier abord. Nous verrons en effet que certaines espèces passent durant l'histoire de leur évolution par deux périodes d'épitocie, l'une sous la forme de Néréide, l'autre sous celle d'Hétéronéréide.

Lorsque je publiai mes « *Annélides chétopodes du golfe de Naples,* » les publications de M. Malmgren m'étaient connues, et la première note de M. Ehlers relative aux Hétéronéréides venait de paraître. Je crus cependant devoir conserver le genre Hétéronéréis. La question n'était pas assez mûre. Ma propre expérience me semblait parler peu en faveur des idées nouvelles. J'avais étudié, dans mon premier séjour à Naples, un assez grand nombre d'espèces de Néréides que j'avais vues arriver toutes (à l'exception d'une seule) à maturité sexuelle. En revanche, je n'avais rencontré qu'une seule espèce d'Hétéronéréide, dépourvue d'éléments reproducteurs. M. le professeur Panceri qui collecte des Annélides pendant toute l'année pour le Musée de Naples, m'assurait encore au début de l'année 1869, n'avoir jamais vu d'autre Hétéronéréide que celle décrite par moi sous le nom de *H. Malmgreni,*

tandis qu'il a réuni un nombre considérable de Néréides. Aussi malgré la force des arguments réunis dans les « *Borstenwürmer* » de M. Ehlers, que je reçus à Naples en décembre 1868, j'eus de la peine à me laisser convaincre par eux. Je repris avec ardeur l'étude des Néréides et des Hétéronéréides, accumulant les caractères différentiels entre les deux formes. Toutefois, après de longs labeurs, je dus reconnaître la justesse des vues de M. Malmgren et de M. Ehlers. Je ne regrette point les longues journées consacrées à cette étude, couronnée par un résultat tout autre que celui que j'attendais. Il en est résulté une foule de faits et de problèmes nouveaux. L'anatomie des Lycoridiens a fait par là des progrès considérables, possibles même après les recherches approfondies de M. Ehlers. Il ne faut en effet pas oublier que ce savant a fait la plus grande partie de ses recherches au musée de Göttingen, d'après des animaux conservés dans l'alcool. J'admire tout le parti qu'il en a su tirer, mais je comprends aussi que bien des détails d'organisation aient dû lui échapper.

Les Hétéronéréidiens sont donc rattachés aux Néréidiens par un lien génésique. Mais toutes les espèces de Néréides ont-elles une forme hétéronéréidienne ? Je n'hésite pas à répondre à cette question par la négative. Non-seulement le nombre d'Hétéronéréidiens jusqu'ici connu est bien faible relativement à celui des Néréidiens, mais encore ce sont toujours les mêmes espèces d'Hétéronéréides qu'on rencontre dans toutes les mers. Il est bien remarquable tout au moins que les deux seules espèces d'Hétéronéreides que j'aie observées à Naples, sont au nombre de celles étudiées par MM. Malmgren et Ehlers.

Je me propose dans cet article d'étudier plus spéciale-

ment une espèce remarquable, la *Nereis Dumerilii* Aud. Edw., appartenant au sous-genre *Leontis* Malmgr. C'est elle en effet qui m'a fourni les résultats les plus remarquables. Je l'étudierai d'abord au point de vue des particularités anatomiques les plus dignes d'attention, puis à celui des phénomènes de reproduction.

1° *La Nereis Dumerilii au point de vue anatomique.*

La *N. Dumerilii* fournit un des exemples les plus remarquables de la difficulté qu'il y a souvent à reconnaître au bord de la mer les espèces décrites seulement d'après des exemplaires de musée. Lorsque cette Annélide tomba entre mes mains, lors de mon premier séjour à Naples, je fus immédiatement frappé de l'existence de belles cellules pigmentaires violettes, semées dans toute l'étendue de son péritoine. Ce caractère est même tellement prédominant que je n'hésitai pas à donner à l'espèce le nom de *N. peritonealis*. Il n'avait été mentionné jusqu'alors par aucun auteur et semblait s'opposer à toute identification avec les espèces jusqu'alors décrites. L'étude approfondie que M. Ehlers a fait dans l'intervalle de la *N. Dumerilii* d'après des exemplaires conservés dans l'alcool, ne me permet pas de douter qu'il ne s'agisse de la même espèce. Seulement la conservation dans l'alcool en enlevant aux tissus leur transparence, efface le caractère si remarquable de la coloration du péritoine, qui est pourtant le caractère prédominant chez l'animal vivant.

La variabilité réellement extraordinaire de cette espèce a déjà été relevée par M. Oersted. M. Malmgren remarque aussi que cette Néréide est très-polymorphe. Pour ma part, j'ai longtemps cru avoir à faire à une espèce collective dans laquelle se dissimulaient quatre ou cinq es-

pèces différentes, opinion bien plausible si l'on réfléchit que des individus longs de 13 à 14mm seulement sont déjà mûrs, tandis que d'autres, longs de 55mm et davantage, ne présentent encore aucune trace de maturité sexuelle. Le fait qu'à différentes époques de la vie les mâles présentent des zoospermes de forme totalement différente, semblait aussi favorable à cette manière de voir. Cependant après avoir étudié bien des centaines d'individus de toute taille, j'ai dû renoncer, non-seulement à distinguer les espèces supposées, mais encore à établir des races bien tranchées.

C'est surtout par l'étude approfondie de cette espèce que je m'étais proposé de combattre l'hypothèse de la liaison génétique des Néréidiens et des Hétéronéréidiens. Mais cette étude m'a conduit, comme je l'ai dit, à un résultat précisément inverse. Mes doutes reposaient surtout sur une différence très-remarquable entre la forme hétéronéréidienne et la forme néréidienne, différence qui a entièrement échappé à MM. Malmgren et Ehlers, parce qu'ils observaient des individus conservés dans l'alcool. Cette différence porte sur la consistance des tissus. Tandis que la forme de Néréide présente dans tous ses organes une grande solidité et une résistance considérable aux actions extérieures, les Hétéronéréides nageuses de cette espèce offrent une délicatesse extrême de tous les tissus, accompagnée d'une transparence relativement considérable. Les fibres musculaires se distinguent, comme nous le verrons, par une organisation tout autre dans les deux formes. Il n'y a pas une fibre musculaire de l'animal qui ne subisse une métamorphose importante dans le passage de la phase de Néréide à celle d'Hétéronéréide.

Les pieds et leur armure. La forme des pieds dans les

différentes régions du corps est trop bien connue par mes travaux antérieurs et par ceux de M. Ehlers, pour que je m'y arrête ici.

La *N. Dumerilii* présente une armure pédieuse semblable à celle de la plupart des autres Néréides, avec la particularité, rare cependant chez ces vers, de posséder des soies en serpe homogomphes [1]. Ces soies n'apparaissent, il est vrai, qu'à partir du 20me segment environ, mais leur position très-constante est caractéristique de l'espèce. Elles ont échappé jusqu'ici à tous les auteurs. Au moment de la transformation en Hétéronéréides, les soies rémigères, qui constituent plus tard un vigoureux appareil de natation, font leur première apparition. On rencontre des individus dont la tête et les rames pédieuses ont déjà complétement les caractères hétéronéréidiens, mais dont les soies sont entièrement néréidiennes. La présence du pigment péritonéal et des soies homogomphes à partir du 20me segment environ, fait vite reconnaître une phase de transformation de la *N. Dumerilii.* D'ailleurs un examen plus attentif fait toujours découvrir dans l'intérieur des rames pédieuses de ces individus, les faisceaux flabelliformes de soies d'Hétéronéréides en voie de formation. Le faisceau nouveau se forme à l'intérieur même de la rame pédieuse,

[1] Je distingue chez les soies des Néréides deux formes d'articulation : tantôt le bord de la cavité de la hampe est au même niveau du côté du tranchant que du côté du dos de l'article ; tantôt, au contraire, le niveau de ce bord est beaucoup plus élevé du côté du tranchant que du côté opposé. Je qualifie la première forme d'articulation d'*homogomphe*, la seconde d'*hétérogomphe*. Il peut y avoir par suite chez une même Néréide quatre formes principales de soies : 1° soies en arête homogomphes ; 2° soies en serpe homogomphes ; 3° soies en serpe hétérogomphes ; 4° soies en arête hétérogomphes. Le mode de distribution de ces différentes formes de soies fournit un critère important et non soupçonné jusqu'ici dans la distinction des espèces.

comme cela a lieu, à l'époque de la maturité sexuelle, pour les faisceaux de soies capillaires chez les Syllidiens. Bientôt les faisceaux font saillie hors du pied et, alors, commence la chute successive des soies néréidiennes dans toute la région abdominale. On rencontre à ce moment des individus chez lesquels quelques soies de Néréides reposent encore sur le faisceau des soies rémigères. M. Ehlers a, du reste, déjà décrit des exemplaires présentant cette particularité.

L'acicule de la rame supérieure offre une tout autre apparence dans la région abdominale chez la forme hétéronéréidienne que chez la phase néréidienne. Sa base est élargie en une sorte de spatule ou plutôt de massue incolore, la pointe de l'acicule restant noire. Une telle expansion ne se rencontre dans les acicules d'aucune Néréide. Il ne faudrait cependant point croire que l'acicule primitif tombe, comme les soies, au moment de la métamorphose. Il persiste au contraire, mais sa croissance, depuis longtemps arrêtée, reprend un nouvel essor et la massue se forme. Elle fournit à partir de ce moment une surface d'attache suffisante pour les muscles moteurs du pied dont les soies sont beaucoup plus puissantes chez les Hétéronéréides que chez les Néréides. Aussi cet élargissement de l'acicule n'a-t-il lieu que dans la région abdominale, seule munie des énergiques soies rémigères qui servent à la natation.

Cuticule et glandes cutanées. La cuticule présente l'apparence de celle des autres Néréides. C'est dire qu'elle est ornée de deux systèmes de stries se croisant sous un angle de 60 à 70°. Son épaisseur est très-variable suivant les individus. Lorsqu'elle est très-mince, les stries sont souvent difficiles à reconnaître. Elle est percée de

nombreux petits pertuis correspondant aux glandes muqueuses.

Les glandes cutanées sont de trois espèces. Les premières sont les grosses masses glandulaires des pieds auxquelles M. Ehlers donne le nom de filières (*Spinndrüsen*) et que, depuis Rathke, tous les auteurs ont vues chez les différentes espèces de Néréides. J'en trouve dans la règle cinq par pied, dont trois à la rame supérieure et deux à la rame inférieure. La seconde espèce est formée par de très-petits follicules, tantôt isolés, tantôt groupés en nombre considérable. Ils sont le plus souvent de forme virgulaire et sont semés sur toute la surface du corps, surtout au côté ventral. Ils rentrent dans la catégorie des follicules muqueux, si répandus chez les Annélides. Chacun d'eux s'ouvre à l'extérieur par un pore spécial. Les glandes de la troisième espèce sont fort remarquables et caractéristiques de la forme hétéronéréidienne de la *N. Dumerilii.* Lorsqu'on étudie le ver dans la supination, on est frappé de l'existence dans chaque segment, à partir du 9me, d'un certain nombre de figures dendritiques, disposées en ligne transversale sur le milieu du segment, de la base de l'un des pieds à la base de l'autre. Chacune de ces figures résulte de l'agrégation d'un certain nombre de follicules tubulaires, légèrement ramifiés. Les tubes excréteurs de tous ces follicules convergent les uns vers les autres et aboutissent à une petite plaque épaissie de la cuticule à laquelle ils se fixent. Cette plaque, de forme ovale, et large d'environ 22^{micr}[1], est criblée de petits trous dont le diamètre ne dépasse pas 1 à 2^{micr}. Ces trous servent évidemment à l'expulsion de la substance sécrétée.

[1] Les très-petites mesures sont estimées en micromillimètres, soit *micromètres*, c'est-à-dire en millièmes de millimètres.

Vient-on à dépouiller avec précaution une Hétéronéréide de sa cuticule, on s'aperçoit que cette membrane se réfléchit au travers des trous des lames criblées pour venir tapisser l'intérieur des follicules. En effet, ce revêtement cuticulaire se détache et reste suspendu à la cuticule qu'on trouve semée à sa surface inférieure de petits pinceaux de tubes. L'apparence de ceux-ci n'est plus dendritique. Chaque tube fait plutôt l'impression d'une série de cornets emboîtés les uns dans les autres. Cette apparence est due à de petites dilatations disposées à des distances régulières, comme des verticilles un peu obliques, autour du tube. De là le nom de glandes verticillées que j'applique à ces organes.

La présence constante des glandes verticillées chez la forme hétéronéréidienne et leur absence chez la forme néréidienne, ont été longtemps pour moi un des arguments en faveur de la différence spécifique de ces deux formes. Mais ce caractère est sans valeur. Il suffit en effet d'étudier, à l'aide de forts grossissements, la surface ventrale d'individus néréidiens voisins de la transformation, pour reconnaître, semées çà et là, à partir du 9me segment, de petites vésicules claires, dans lesquelles est renfermé un corps en forme de cornet. Quelquefois ce cornet semble comme emboîté dans un autre tout semblable, et la pointe de celui-ci se prolonge en une traînée de très-petites granulations. Il n'est pas difficile de reconnaître dans ces corps les premiers rudiments de follicules verticillés en voie de formation. Encore ici les théories histologiques réclameraient une invagination de la cuticule, dès le principe de la formation de l'organe ; mais cette invagination n'a point lieu. La formation des glandes verticillées se fait dans des vésicules closes,

sous la cuticule, et la communication avec l'extérieur ne s'établit que plus tard, par la formation de la plaque criblée. Sans doute ces glandes singulières sont liées à quelque particularité du genre de vie de la phase d'Hétéronéréide, mais je ne saurais faire d'hypothèse à ce sujet.

Pigment cutané et pigment péritonéal. La coloration de la *N. Dumerilii* est sujette à de nombreuses variations soit individuelles, soit surtout résultant de l'âge, du degré de développement du tissu sexuel, des zoospermes ou des œufs, etc. Mais toujours le microscope fait reconnaître l'existence fort caractéristique de deux pigments violets dont le siége est pour l'un dans l'hypoderme, pour l'autre dans le péritoine. Ce caractère est beaucoup plus saillant dans la forme néréidienne que dans l'hétéronéréidienne, mais il ne fait jamais défaut à cette dernière, au moins dans la région antérieure du corps.

Considérons d'abord la forme de Néréide. Le pigment hypodermique se présente sous deux formes bien distinctes chez ces vers. Quelquefois c'est un pigment diffus, semé régulièrement entre les nucléus de l'hypoderme, qui se présentent alors comme de petites taches rondes et claires. Les vaisseaux de l'hypoderme n'en sont jamais recouverts. Dans d'autres cas, les granules pigmentaires sont distribués en bandes transversales très-évidentes, présentant de distance en distance des nucléus, sans qu'il soit possible cependant de reconnaître de véritables cellules pigmentaires bien délimitées. Ces deux modes de distribution du pigment cutané ne sauraient s'expliquer par des différences spécifiques, car les formes intermédiaires sont très-abondantes.

Le pigment péritonéal avec ses belles cellules violettes et ses cellules plus rares d'un brun-jaunâtre, a été déjà décrit

en détail dans mon précédent mémoire. Je me contenterai de compléter ici par quelques adjonctions ce que j'ai dit alors. La ligne dorsale médiane du ver est relativement incolore. Le péritoine ne joue en effet aucun rôle dans sa coloration. Il se réfléchit de chaque côté du vaisseau dorsal pour aller former le mésentère, soit ligament longitudinal médian de l'intestin et n'existe par conséquent pas entre le vaisseau dorsal et la paroi supérieure de la cavité périviscérale. Cette circonstance facilite grandement l'étude des pulsations du vaisseau dorsal. Partout où pénètre le péritoine, apparaissent aussi, du côté dorsal tout au moins, les cellules pigmentaires. Dans la tête, en particulier, je vois toujours trois sacs péritonéaux se glisser, en dessus, entre le cerveau et la paroi du crâne, s'il m'est permis d'employer ce terme. Le plus grand de ces sacs est le médian ou antérieur dont la forme est très-constante. La membrane de ce sac se réfléchit pour former une sorte de gaîne autour de la base du nerf antennaire, mais, comme chez les animaux supérieurs, cette gaîne et toutes celles fournies par le péritoine sont formées d'un feuillet pariétal et d'un feuillet viscéral. Les cellules de ce sac céphalique médian sont violettes, sauf celles qu'on voit à droite et à gauche de la ligne médiane toujours incolore. Celles-là sont remplies d'un pigment brun-jaune. Les deux sacs céphaliques postérieurs sont logés entre le bord postérieur du cerveau et le bord postérieur du crâne. Le péritoine pénètre également dans l'article basilaire du palpe ; il en tapisse la cavité jusqu'à l'extrémité et se réfléchit autour du nerf du palpe, sans jamais pénétrer dans l'article rétractile ou terminal. Dans l'article basilaire des cirres tentaculaires, le péritoine se comporte exactement de la même manière, comme on le reconnait facilement au mode de distribution des cellules pigmentaires.

Au moment de la transformation de Néréide en Hétéronéréide, le pigment hypodermique aussi bien que le pigment péritonéal subissent de profondes modifications. Le premier subsiste plus ou moins marqué dans les premiers segments du corps avec son arrangement en lignes transversales et ses nucléus clairs. Jamais je n'ai vu d'Hétéronéréides présenter la forme diffuse de ce pigment. Le nombre de segments à hypoderme ainsi coloré est toujours fort restreint. Le pigment devient de plus en plus rare et finit par disparaître complétement. En revanche la plupart des individus présentent une coloration très-caractéristique de la région abdominale. Elle est due à un pigment d'un brun rougeâtre, disposé il est vrai d'une manière générale en lignes transversales, un peu ondulées aux extrémités, mais ces lignes ne sont point toutes de même longueur et il en résulte, sur le dos de chaque segment abdominal, une figure caractéristique qui ne se laisse guère décrire.

Quant au pigment péritonéal, il subit au moment de la transformation une résorption graduelle. La forme étoilée des cellules disparaît, les granulations violettes se concentrent autour des nucléus. Ceux-ci diminuent en même temps de taille. Bientôt les cellules péritonéales ne représentent plus que de petits points violets très-clairsemés qui finissent par disparaître eux-mêmes complétement, sauf dans la tête et les premiers segments du corps. Là se trouvent dans la règle, même chez les Hétéronéréides complétement formées, de petits amas de pigment violet, très-évidents, surtout à la tête et dans les articles basilaires des cirres tentaculaires et des palpes, amas qui sont les derniers vestiges des belles cellules pigmentaires étoilées des Néréides. Dans la région abdomi-

nale, il ne subsiste dans la règle aucune trace du pigment péritonéal de naguère. Cependant la ligne médiane d'un rouge brun, assez constante dans cette région, est une raie de pigment profond, placé sous les couches musculaires; mais elle est formée à nouveau, puisque cette ligne médiane est précisément incolore chez la forme néréidienne. Cette résorption du pigment péritonéal est une des causes principales du changement de couleur qui accompagne la métamorphose. Elle rend les parois du corps plus transparentes, et, chez les femelles, permet aux œufs jaunes de se laisser voir au travers. Cependant la couleur jaune soufre de beaucoup d'Hétéronéréides ne tient pas uniquement aux œufs, mais bien aussi à des granules pigmentaires diffus qui apparaissent dans l'hypoderme du corps entier.

Système vasculaire. L'étude du système vasculaire de la *N. Dumerilii*, m'a fourni des résultats bien remarquables et inattendus. Chez la forme néréidienne il est facile d'examiner le vaisseau dorsal, sans lésion de l'animal, grâce à l'absence de pigment péritonéal sur la ligne médiane. On voit les ondes se succéder d'arrière en avant sous l'influence des contractions de nombreux anneaux musculaires. Les mouvements du sang sont d'autant plus faciles à observer que ce liquide renferme des corpuscules cellulaires, formés d'un nucléus ovale, entouré d'une mince couche de protoplasma [1] et mesurant en moyenne une longueur de 7 à 8^{micr}. Mais ce qui frappe surtout l'observateur, c'est l'existence dans toute le longueur du vaisseau dorsal de valvules rappelant celles des Piscicoles et d'autres Bdellides. Ce fait est d'autant plus intéressant

[1] M. Ehlers a déjà signalé en passant le fait qu'il existe chez les Lycoridiens de vrais corpuscules du sang.

qu'on ne connaissait jusqu'ici rien de semblable chez les Annélides polychètes. Les valvules sont disposées par paires au nombre de deux ou trois par segment. Elles se présentent sous la forme de lames membraneuses fixées par leur bord postérieur à la paroi du vaisseau, contre laquelle la pression du sang les couche au moment de la contraction. Le recul du sang au moment de la dilatation les déploie en arrière, jusqu'à produire le contact des deux valvules opposées, mais ce renversement ne va jamais au delà, grâce à une bride qui limite le mouvement. Cette organisation remarquable m'a paru dès le principe trop importante pour que la forme hétéronéréidienne pût appartenir à la même espèce que la forme néréidienne si elle ne présentait pas les valvules. Mais le fait est qu'elle les possède et qu'elle se prête même beaucoup mieux que les Néréides à leur étude. On ne peut guère, il est vrai, étudier cette organisation sans lésion de l'animal, mais la délicatesse des tissus de la paroi du corps entraîne ici une conséquence qui est d'un grand secours. Déchire-t-on une Hétéronéréide avec des aiguilles, il arrive le plus souvent que les parties principales du système vasculaire, telles que vaisseau dorsal, vaisseau ventral et anses latérales sont arrachées *in toto* de l'une des moitiés du corps. Il est facile alors de les observer à nu sous le microscope. Les pulsations des parties contractiles du système vasculaire, continuent dans cet état pendant une demi-heure ou même davantage. Par suite des nombreuses déchirures de vaisseaux, le sang devient de plus en plus étendu d'eau, mais les pulsations continuent, même lorsque le liquide circulant est de l'eau de mer presque pure. La plus grande partie du système, en particulier les anses latérales et même beaucoup de vaisseaux secondaires, sont en

effet animés de pulsations rhythmiques. Les valvules ne sont point limitées au vaisseau dorsal, mais elles existent aussi dans toutes les anses latérales. Dans les vaisseaux animés de pulsations, bien que plongés à nu dans l'eau de mer, il est facile d'étudier la structure de la paroi. On reconnaît alors que les anneaux musculaires sont munis chacun d'un nucléus et représentent par conséquent selon toute probabilité une cellule modifiée. Ces nucléus sont placés tous sur une même ligne, suivant une génératrice du cylindre vasculaire. Les anneaux musculaires ne sont d'ailleurs point entièrement indépendants les uns des autres. Les espaces interannulaires sont occupés par un réseau très-élégant de filaments très-fins qui s'anastomosent les uns avec les autres, en laissant entre eux des mailles où la membrane propre du vaisseau, dépourvue de structure, est entièrement à nu. Ces filaments sont formés par un protoplasma très-contractile et contribuent aussi bien que les anneaux musculaires à la contraction du vaisseau.

Les parties périphériques du système vasculaire présentent aussi bien des particularités remarquables. J'ai déjà signalé dans mon premier travail sur les Annélides de Naples, l'existence de cœcum vasculaires contractiles, dans diverses régions du corps, chez la *N. Dumerilii* (sous le nom de *N. peritonealis)*. Ces cœcum sont surtout faciles à observer dans l'article basilaire des cirres tentaculaires. Ils existent aussi dans les rames pédieuses. Mais au moment de la transformation en Hétéronéréide, les vaisseaux périphériques en général et les cœcum en particulier se multiplient d'une manière étonnante. Dans la région antérieure du corps, c'est-à-dire dans celle qui est dépourvue de soies rémigères, cette modification est moins saillante que dans la postérieure. Il existe dans chaque seg-

ment deux anses vasculaires, comparables à celles que j'ai désignées chez les Oligochétes sous les noms d'anse intestinale et d'anse périviscérale. La première est de beaucoup la plus grosse et se trouve dans la partie antérieure du segment. Elle serre d'assez près l'intestin sans lui être pourtant accolée. La plupart des Hétéronéréides, ne prenant aucune nourriture, ont l'intestin comprimé par les éléments sexuels et réduit à un étroit ruban, dilaté pourtant aux points d'insertion des dissépiments. Il existe alors un espace très-notable entre l'anse intestinale et l'intestin ainsi comprimé. Cette anse contribue du reste pour sa part à la circulation de la surface du corps, car elle envoie une très-forte branche à la base du pied. La seconde anse, comparable à l'anse périviscérale des Oligochétes, est d'un diamètre bien moindre que la première. Elle aboutit au vaisseau ventral et au vaisseau dorsal dans la partie postérieure de chaque segment. Son parcours est relativement superficiel et sa distribution a lieu principalement dans le pied. Les rameaux de cette anse surtout donnent naissance à des cœcum vasculaires. J'en trouve régulièrement un à la face ventrale du segment, dirigé obliquement en arrière. Dans les rames pédieuses, il en existe un assez grand nombre.

Mais le développement vasculaire le plus remarquable a lieu dans les lobes foliacés des rames pédieuses de la région abdominale. Ici chaque lobe renferme deux systèmes parfaitement parallèles de vaisseaux à division dichotomique, dont l'un appartient à la surface ventrale, l'autre à la dorsale. Au bord du lobe, les branches du système supérieur se recourbent pour passer aux branches correspondantes du système inférieur. Dans un plan intermédiaire entre ces deux systèmes de vaisseaux, sont logés de

nombreux cœcum contractiles. Le sommet en cul-de-sac et généralement élargi de ces tubes est tourné vers la base du lobe foliacé. La partie tubulaire plus étroite vient s'ouvrir dans la concavité de l'anse qui réunit un rameau du système supérieur au rameau correspondant du système inférieur. Le jeu très-actif de ces cœcum est fort curieux à observer et rappelle tout à fait celui des cœcum des jeunes Phoronis. Le siége de la contractilité est dans une membrane d'enveloppe, finement plissée et semée de quelques nucléus. L'activité des cœcum est surtout facile à étudier dans un lobe excisé. En effet, dans ce cas, les deux systèmes vasculaires à ramification dichotomique se vident entièrement et ne gênent plus l'observation. Leurs membranes ne subsistent plus que comme des lignes délicates, très-transparentes, qui ne sont guère reconnaissables qu'à leurs nucléus. Les cœcum, dont plus rien ne gêne la vue, restent au contraire remplis de sang. Leur jeu ne s'interrompt point, seulement leur contraction chasse le sang dans la partie basilaire, c'est-à-dire dans celle qui est le plus voisine de l'anse sur laquelle s'insère le cœcum, tandis que leur dilatation fait régurgiter le sang dans le cul-de-sac. Ce mouvement de va et vient peut durer un temps fort considérable, bien que les contractions finissent par perdre de leur fréquence et de leur énergie.

A l'époque de la transformation des Néréides en Hétéronéréides, les lobes foliacés se développent peu à peu et l'augmentation de nombre des rameaux vasculaires et des cœcum marche de pair avec ce développement. La formation des nouvelles branches vasculaires n'est d'ailleurs pas facile à poursuivre, d'autant plus que le sang qu'elles contiennent paraît à peu près incolore par suite de la ténuité de la couche.

Système musculaire. — Les muscles de la *N. Dumerilii* dans sa phase néréidienne ne s'éloignent pas de ceux des autres Néréides et de beaucoup d'autres Annélides [1]. Ils sont composés de longs et minces rubans, en apparence homogènes, dans lesquels il est possible parfois de reconnaître une fine striation longitudinale. Les fibres musculaires de la phase hétéronéréidienne sont bien différentes, et cette diversité est une des raisons qui m'ont le plus longtemps empêché de croire à l'identité spécifique des deux formes principales de cette espèce. Mais, en réalité, chaque fibre musculaire prend part à la métamorphose lorsque le temps est venu. Déjà, à un grossissement relativement faible, l'observateur est frappé de la netteté avec laquelle se dessinent les fibres, tandis que le même grossissement ne permet nullement de distinguer les fibres musculaires des Néréides. Cette différence tient à l'apparition dans l'axe de chacune des fibres, au moment de la métamorphose, d'une série de petits granules fortement réfringents, comme ceux des fibres musculaires des Nephthys, de quelques autres Annélides et d'une foule d'invertébrés appartenant aux classes les plus diverses. Dans

[1] Dans mes « Annélides chétopodes de Naples » j'ai cité les observations de M. Schneider d'après lesquelles les muscles des Annélides seraient toujours dépourvus de nucléus. Tout en reconnaissant la vérité de cette règle pour la majorité des cas, je me permis de faire remarquer qu'elle souffre quelques exceptions. Aujourd'hui, après des recherches plus approfondies et après l'emploi de procédés d'investigation meilleurs, je puis aller même hardiment plus loin et déclarer que l'existence de nombreux nucléus est la règle dans tous les muscles des Annélides. C'est ce dont s'est convaincu récemment M. Schneider lui-même par l'examen de mes préparations. Quant à la question de savoir si ces nucléus appartiennent aux fibres musculaires même ou à une substance connective interposée, elle est trop complexe pour être discutée ici.

l'état actuel de la science, les observateurs sont portés à considérer les fibres musculaires à axe granuleux comme représentant un type inférieur, une forme embryonnaire en quelque sorte. Il est par conséquent bien remarquable de voir la formation de cet axe coïncider chez une Néréide avec l'époque du développement le plus complet.

La trompe.— La trompe est sujette, chez la *N. Dumerilii*, à des variations très-remarquables dans lesquelles j'ai longtemps cru trouver le critère des différences spécifiques. Toutefois l'examen d'un très-grand nombre d'individus de différentes formes de l'espèce, m'a enseigné qu'il ne s'agit que de différences individuelles ou produites par l'âge. Ces variations méritent d'autant moins d'être négligées que MM. Kinberg et Malmgren ont cherché précisément dans certains caractères très-variables de la trompe des caractères génériques. M. Ehlers a donc eu raison de rejeter ces genres et je m'applaudis, pour ma part, de ne leur avoir accordé qu'une valeur de sous-genres.

Considérons d'abord les paragnathes. La *N. Dumerilii* rentre dans le sous-genre *Leontis* Mlmgr., auquel M. Malmgren attribue entre autres le caractère suivant : « Proboscis maxillis duabus denticulatis et paragnathis connatis pectines minutos formantibus armata. » La *N. Dumerilii* répond parfaitement à cette définition ; seulement je trouve les peignes de dents fort inconstants quant à leurs dimensions et leur nombre. A l'anneau terminal (*anneau maxillaire* Ehlers) de la trompe, M. Malmgren figure du côté ventral, de chaque côté, plusieurs rangées parallèles et pectiniformes de paragnathes et, au milieu, trois doubles peignes, tandis que le côté dorsal est représenté complétement inerme. Quant à l'anneau basilaire (*anneau oral* Ehlers), il est représenté comme portant sept petits

peignes de dents du côté ventral et deux du côté dorsal. Cette distribution peut en effet être considérée comme typique, avec cette restriction que le nombre de peignes du côté ventral de l'anneau basilaire n'est que de cinq [1]. (Je n'ai moi-même jamais rencontré le nombre 7.) Mais des variations fréquentes se présentent. Déjà M. Ehlers donne une description de la distribution des paragnathes qui diffère de celle de M. Malmgren, en ce sens qu'il attribue six groupes de denticules au côté ventral de l'anneau basilaire. (La figure n'en indique, il est vrai, que cinq, ce qui est, je le répète, le véritable nombre typique.) En outre, j'ai vu souvent manquer les peignes de paragnathes au milieu du côté ventral de l'anneau terminal, surtout chez des individus de petite taille et, lorsqu'ils existent, ils sont extrêmement variables dans leurs dimensions. Tantôt en effet ils sont doubles, tantôt simples ou représentés par deux ou trois denticules isolés. Enfin j'ai vu manquer une fois totalement les peignes dorsaux de l'anneau basilaire. Quant aux paragnathes eux-mêmes, tantôt ils sont aussi larges ou même plus larges que longs, tantôt au contraire quatre et cinq fois aussi longs que larges. En somme, sans méconnaître l'importance des paragnathes pour la classification, je crois ces organes trop variables pour fournir des caractères génériques proprement dits.

Les mâchoires varient d'une manière bien plus frappante encore que les paragnathes. On peut distinguer dans ces organes deux parties, la région dentaire et la région musculaire. J'entends par cette dernière dénomination la région postérieure en forme de cornet aplati, qui ne porte

[1] Le groupe médian manque d'ailleurs assez souvent, ce qui réduit alors le nombre des groupes à quatre.

pas de dents, mais sert à l'attache des muscles. Les dimensions relatives de ces deux régions sont extraordinairement variables. Tantôt la région musculaire est si courte qu'elle semble disparue, tantôt au contraire elle est aussi longue que la région dentaire. Il est tout naturel de supposer que, les mâchoires se formant d'avant en arrière, les individus à région musculaire fort courte sont encore jeunes, et que la croissance ultérieure amènera l'allongement de cette région. Toutefois les résultats de l'observation sont en contradiction formelle avec cette hypothèse, en apparence si légitime. Les processus musculaires les plus longs se trouvent toujours chez des individus de petite taille. Un des processus musculaires les plus longs que j'aie observés appartenait à un individu mûr, il est vrai, mais n'ayant que 2 centimètres de long et ne comptant que 35 segments. Chose encore plus frappante : des individus de même taille, au moment de leur transformation en Hétéronéréides, présentent, les uns, une région musculaire plus longue que la dentaire, les autres, une région musculaire pour ainsi dire nulle.

Le nombre des dents des mâchoires est aussi fort variable, bien qu'il soit en général identique dans les deux mâchoires d'un même individu. J'ai vu ce nombre osciller entre cinq et vingt. Encore ici il faudrait bien se garder de croire que les individus à dents nombreuses soient les plus âgés. Chez les Hétéronéréides de grande taille on trouve rarement plus de 7 à 8 dents, en maximum 10. Au contraire, les mâchoires de 15 ou 20 dents ont été

[1] Dans l'intérieur de ces mâchoires est logé un appareil à venin assez remarquable. Comme il paraît être identique chez toutes les Néréides, je m'abstiens de le décrire pour le moment. Cet appareil n'a encore été signalé par aucun auteur.

observées chez des individus longs de 2 centimètres seulement. Et pourtant il ne serait pas possible de conclure du nombre des dents à l'âge de l'animal, car chez des individus de taille identique, au moment de leur métamorphose en Hétéronéréides, j'ai compté dans un cas six dents et dans l'autre dix. Lors donc que M. Malmgren attribue 12 ou 13 dents aux mâchoires de la *N. Dumerilii,* et M. Ehlers 5 ou 6, on ne peut attribuer à ces chiffres qu'une valeur très-relative. Au reste, M. Ehlers remarque lui-même ailleurs que les Néréides paraissent avoir un plus grand nombre de denticules maxillaires dans le jeune âge qu'à l'état adulte. Faut-il admettre que ces différences impliquent un remplacement des mâchoires à certaines époques de la vie ? Je ne le pense pas. Si les dents des individus de petite taille sont plus nombreuses, elles sont aussi plus petites. Dans la suite de la croissance elles sont sans doute empâtées graduellement par de nouvelles couches de chitine. Les plus postérieures doivent disparaître complétement et les autres se fondre deux à deux ou trois à trois dans les denticules définitifs. Je n'ai, il est vrai, pas d'observations positives sur ce point, mais je désire attirer l'attention des observateurs sur la croissance de la lame d'empâtement qu'on trouve toujours à la base des denticules.

Organes segmentaires. — M. Ehlers paraît avoir recherché et vu en partie les organes segmentaires de diverses espèces de Néréides. Il n'est pourtant parvenu à s'en faire une idée complète que d'après des exemplaires de la *N. diversicolor* conservés dans l'acide hyperosmique. La figure qu'il en donne n'offre aucune analogie quelconque avec l'organe segmentaire de la *N. Dumerilii.* Aussi, sans vouloir contester positivement l'exactitude de la des-

cription de M. Ehlers, je crois nécessaire d'entrer ici dans quelques détails à ce sujet. J'avoue avoir fait de vains efforts pour reconnaître dans sa totalité cet appareil dans la forme hétéronéréidienne et dans les gros individus de la forme néréidienne. En revanche, les petits individus de cette dernière forme qui arrivent déjà à maturité avec une longueur d'un centimètre et demi à deux centimètres, permettent assez facilement l'étude de l'organe segmentaire, sans lésion de l'animal. Il faut pour cela placer l'animal dans la supination et fixer son attention sur les segments qui ne renferment pas un trop grand nombre d'éléments sexuels et de corpuscules lymphatiques. On trouve alors sans grande difficulté l'ouverture interne de l'organe, sous la forme d'un entonnoir vibratile comprimé, engagé dans le dissépiment qui sépare la cavité du segment de celle du segment placé plus en avant. J'ai déjà indiqué autrefois très-exactement la position de cet entonnoir. Tout auprès, le dissépiment est percé d'une ouverture par laquelle les zoospermes et les corpuscules lymphatiques s'échappent, un à un, de la cavité de l'un des segments dans celle de l'autre. L'entonnoir passe graduellement, sans étranglement appréciable, au tube de l'organe. Ce tube dont la paroi s'amincit par degrés, mais qui est toujours tapissé de cils vibratiles, se dirige obliquement en arrière et en dehors, en décrivant des sinuosités très-légères et il vient s'ouvrir à l'extérieur par un très-petit pertuis, un peu en arrière du cirre ventral. Dans le voisinage de l'appareil sont deux gros organes d'apparence glandulaire, mais dépourvus de canaux excréteurs. Je me demande si ces organes n'ont pas été pris par M. Ehlers pour la grande poche qu'il croit, chez les Néréides, en communication avec l'appareil segmentaire.

2. *Appareil générateur et phénomènes liés à la reproduction.*

Les phénomènes de reproduction ne sont pas faciles à débrouiller chez la *N. Dumerilii*. Cette espèce présente en effet deux formes sexuées, l'une sous la forme de Néréide, l'autre sous celle d'Hétéronéréide. Mais, chose singulière, il ne faudrait point s'attendre à rencontrer les Néréides à maturité complète parmi les individus de plus grande taille. Ceux-là sont au contraire tous destinés à se transformer en Hétéronéréides. Ils peuvent bien renfermer des éléments sexuels, mais ces éléments ne sont point arrivés à leur croissance définitive et n'atteignent leur forme ultime que dans la phase hétéronéréidienne. Les Néréides mûres ne se trouvent que parmi les plus petits individus qui n'ont encore le plus souvent que 12 à 15^{mm} de long et ne comptent que 30, 35, 40 ou 45 segments. J'ai pourtant vu un mâle de 50 segments, long de 35 millimètres; mais les individus mûrs sous la forme de Néréide n'atteignent que rarement une aussi grande taille. Les variations oscillent cependant entre des chiffres très-distants les uns des autres, et l'on peut être conduit à se demander si la *N. Dumerilii* ne peut pas arriver à maturité à tous les degrés de croissance. Cependant le plus grand des individus que je viens de mentionner, est encore petit pour l'espèce qui atteint fréquemment une longueur de 80^{mm}, sur 5 à 6^{mm} de largeur, et qui compte jusqu'à 85, parfois 90 et même 95 segments. Une grande partie de ces individus ne renferment point d'élements reproducteurs; d'autres, surtout les plus grands, renferment des zoospermes ou des ovules en voie de formation, mais

destinés à n'arriver à complète maturité qu'après la transformation en Hétéronéréide[1].

Même chez un individu mûr de la forme néréidienne qui atteint par exception une assez grande taille (comme celui de 50 segments signalé plus haut), il est facile de s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un ver destiné à se transformer en Hétéronéréide. Et cela pour deux raisons : d'abord, les signes d'une transformation prochaine font totalement défaut, puis les éléments sexuels, surtout les zoospermes, sont différents de ceux des Hétéronéréides. On pourrait, il est vrai, penser que les éléments sexuels subissent, eux aussi, une métamorphose et que les zoospermes de la forme néréidienne prennent après la transformation les caractères propres aux zoospermes de la forme hétéronéréidienne. Toutefois cette hypothèse ne serait point fondée. Non-seulement la forme des éléments sexuels est différente dans les deux cas, mais le mode de formation de ces éléments est tout autre. L'existence des deux formes mûres, des deux phases épitoques, comme dirait M. Ehlers, est donc au-dessus de toute espèce de

[1] La variabilité extraordinaire de cette espèce, quant aux dimensions, ressort aussi de la comparaison des données des différents auteurs. Les deux savants qui paraissent avoir eu le plus grand nombre d'individus entre leurs mains, M. Malmgren et M. Ehlers, indiquent des chiffres totalement différents, sans que cette divergence paraisse les avoir frappés. M. Malmgren mentionne, en effet, comme dimensions normales de sa *Leontis Dumerilii*, une longueur de 50 à 60^{mm} sur une largeur de 5 à 6. M. Ehlers attribue aux plus grands individus de la forme atoque (néréidienne) une longueur de 35^{mm} seulement, sur une largeur de 4^{mm}, avec un nombre de segments ne dépassant pas 74. Il est vrai que ces mesures sont prises sur des individus conservés dans l'alcool. Cependant, même en tenant compte du racornissement, il est évident que soit M. Malmgren, soit surtout M. Ehlers, n'ont pas connus les grands représentants de l'espèce, fort communs à Naples.

doute chez la *N. Dumerilii*. Nous allons les considérer successivement, en commençant par la petite Néréide.

Les petites Néréides arrivées à maturité ne présentent pas de différences sexuelles extérieures. Les mâles ne se distinguent des femelles qu'aux éléments reproducteurs qu'ils renferment.

Les mâles présentent un mode d'évolution des zoospermes qui ne m'est encore connu chez aucune autre Annélide. Le tissu sexuel graisseux que j'ai décrit comme jouant un rôle si important dans la reproduction des Lycoridiens en général, n'est représenté que par quelques rares cellules sur le trajet des vaisseaux. En revanche, il existe deux testicules placés dans un même segment, à droite et à gauche du canal intestinal. Le numéro d'ordre de ce segment n'est point constant. Je l'ai vu osciller entre 19 et 25. Chaque testicule est un corps lenticulaire, incolore, large de 99^{micr}. Il est composé de cellules mesurant 18^{micr} en diamètre qui prennent une forme polygonale par la pression réciproque. Chacun renferme un nucléus vésiculeux, sphérique, large de 11^{micr}, devenant surtout très-distinct par l'action de l'acide acétique. Ces cellules se détachent des testicules pour flotter dans la cavité périviscérale au milieu des corpuscules lymphatiques. Là, elles subissent une division répétée dont je n'ai pu suivre le détail et se transforment en corps flottants, multicellulaires, qui finissent par atteindre un diamètre de 50^{micr}. Les cellules de ces corps flottants ne sont point encore destinées à se transformer en cellules spermatiques. Elles sont les cellules-mères de ces dernières, et les cellules constitutives des testicules en sont donc les grand'mères. Dans chaque corps flottant, les cellules-mères augmentent de diamètre et se subdivisent en une foule de petits gra-

nules. Cette subdivision terminée, elles se détachent de leurs sœurs et flottent isolément dans le liquide périviscéral, où elles constituent les corps framboisés aux dépens desquels se développent les zoospermes comme chez tant d'autres Annélides. Le diamètre moyen des corps framboisés est d'environ 16 à 27^{micr}. Les zoospermes ont une tête en forme de navet, longue de 6^{micr}, avec le filament caudal fixé au collet.

Chez les femelles, les ovules se forment dans le sein du tissu sexuel comme chez les autres Néréides. Ce tissu devient de moins en moins abondant à mesure que les ovules croissent en diamètre, et il a à peu près complétement disparu au moment de la maturité totale, où les œufs remplissent en totalité la cavité périviscérale, à partir du 4me segment. La maturation des œufs n'est accompagnée d'aucune résorption du pigment péritonéal. Les œufs mûrs ont un diamètre de 0^{mm},2, avec membrane vitelline à double contour, assez épaisse. Le vitellus est incolore ou faiblement bleuâtre et formé de petites sphérules, larges de 4 à 8^{micr}. Dans le centre sont logées des sphères homogènes, plus grosses, dont le diamètre moyen atteint 11 à 16^{micr}.

Une grande partie des individus dont le nombre de segments atteint un chiffre compris entre 50 et 95, sont, comme nous l'avons dit, entièrement dépourvus de tous caractères sexuels. Ils sont, en général, pâles ou colorés en jaune par l'intestin, souvent aussi par des granules pigmentaires diffus, disséminés dans l'hypoderme, en outre du pigment violet. En comparant ces individus avec ceux que nous avons considérés précédemment, on a peine à croire au premier abord qu'il s'agisse de la même espèce. Cependant l'emploi du microscope fait reconnaître une

identité complète dans la forme et, quant aux différences de couleur, elles perdent toute importance dès qu'on examine de nombreuses séries d'individus.

Lorsqu'on recueille au mois de mars une grande quantité de tubes de la *N. Dumerilii*, on en trouve toujours un certain nombre habités par une Néréide d'apparence très-particulière. Elle est violette en avant et d'un vert d'eau assez délicat en arrière. Malgré cette coloration si frappante, il est facile de se convaincre qu'il ne s'agit point d'une espèce particulière. C'est une *N. Dumerilii* chez laquelle le pigment péritonéal a atteint son maximum de développement dans la région antérieure du corps, mais est en voie de résorption plus en arrière. Quant à la couleur vert pâle de la région postérieure, elle est due au développement de ce tissu particulier que j'ai décrit ailleurs sous le nom de tissu sexuel. Les cellules de ce tissu renferment en effet, en outre du nucléus et d'une vacuole pleine d'un liquide aqueux, une gouttelette, parfois plusieurs, d'une substance verte, d'apparence graisseuse. Lorsque ce tissu est assez développé pour remplir toute la cavité périviscérale, la couleur verte de ces gouttelettes se laisse voir à travers la paroi du corps.

Cette phase dans la vie de la *N. Dumerilii* est très-remarquable. C'est celle pendant laquelle l'animal se prépare à la seconde reproduction et forme dans ce but les éléments sexuels. C'est à elle que j'aimerais pouvoir appliquer le terme de forme *épitoque,* employé dans un autre sens par M. Ehlers, car sans être apte à la génération, elle se prépare pourtant à la reproduction. Pour éviter les confusions, je la désignerai sous le nom de *phase épigame.* Le caractère le plus remarquable de cette phase épigame, c'est que les pieds, bien que présentant la for-

me caractéristique des Néréides, renferment dans leur intérieur, dans toute la région médiane et postérieure, les éventails de soies d'Hétéronéréides en voie de formation. J'ai eu les Néréides épigames en grand nombre dans mes aquariums et j'ai pu poursuivre chez elles la métamorphose en Hétéronéréides. Les pieds développent par degrés les lobes foliacés dans la région postérieure et, dans la région antérieure, ils subissent aussi des modifications qui les font passer au type hétéronéréidien. En même temps la tête commence à subir sa métamorphose. Elle devient relativement plus large et les yeux deviennent beaucoup plus gros par suite d'une grande accumulation de pigment.

Cette époque est aussi celle de la résorption du pigment péritonéal. Cette résorption devient d'autant plus complète que le développement des éléments sexuels avance. De là la disparition de la coloration violette qui était si frappante il y a peu de temps encore. La couleur du ver passe peu à peu au jaune par suite d'un dépôt de pigment diffus dans l'hypoderme. Cette teinte devient même souvent d'un beau jaune de soufre, surtout chez les femelles, où les œufs contribuent pour leur part à cette coloration. Chez beaucoup d'individus, la couleur jaune de l'hypoderme fait cependant entièrement défaut. En même temps les pieds d'Hétéronéréides prennent leur forme définitive. Les soies nouvelles percent à l'extérieur, tandis que les anciennes tombent graduellement. La tête s'élargit toujours davantage et l'augmentation de volume des yeux continue. L'animal mérite déjà la qualification d'Hétéronéréide. Enfin l'Hétéronéréide arrive à son développement parfait, avec sa forme de tête si caractéristique. Le grand développement des yeux concerne soit le cris-

tallin de la paire antérieure, soit le pigment. Ce pigment enveloppe si bien la rétine, qu'il n'est plus possible de la distinguer, tandis qu'il est toujours possible de la reconnaître tout autour de la couche pigmentaire dans la forme néréidienne. En avant, les yeux passent insensiblement à un réseau pigmentaire qui s'étend jusqu'à la base des antennes et qui est formé par des cellules ramifiées à nucléus clair, souvent reconnaissable, large de 2^{micr}.

Le développement des éléments sexuels doit être étudié dans la phase épigame. Chez les individus mâles, dans cette phase, la cavité périviscérale est remplie, comme nous l'avons dit, par les cellules du tissu sexuel, larges de 24^{micr} et formées dans le principe à la surface des vaisseaux. Entre ces cellules sont noyés les corps framboisés aux dépens desquels se forment les zoospermes. Plus tard ces corps framboisés se résolvent dans leurs éléments qu'on trouve disséminés dans tout le tissu sexuel. A cette époque commence la résorption du tissu sexuel qui ne remplit désormais plus aussi complétement la cavité périviscérale. Les petites cellules se métamorphosent chacune en un zoosperme. Leur protoplasma s'allonge graduellement en un fil pour former la queue. Une partie cependant continue de subsister en une masse globuleuse, la tête du zoosperme. Le nucléus prend une forme allongée et occupe toujours le pôle céphalique opposé à la queue. Dans cet état, les zoospermes dont la tête atteint un diamètre de 4 à 5^{micr}, nagent par groupes ou isolément au milieu des corpuscules de la lymphe périviscérale. Ces derniers sont des corps elliptiques, fusiformes ou naviculaires, dont la longueur varie de 11 à 38^{micr} et qui ne renferment dans la règle pas de noyau. On pourrait facilement croire les zoospermes mûrs sous cette forme. Mais

il n'en est rien. Ils ont encore à subir une transformation importante qui paraît n'avoir jamais lieu qu'après la métamorphose complète en Hétéronéréide. Le nucléus refoulé au pôle anticaudal développe un petit prolongement en avant. Le zoosperme a par suite l'air d'être armé d'un aiguillon ou d'une dent. Si l'on compare cette forme si caractéristique avec celle des zoospermes mûrs de la phase néréidienne, on sera frappé de la différence. L'évolution est d'ailleurs tout autre, comme nous venons de le voir. Une fois les zoospermes tous transformés, le tissu sexuel est réduit à son minimum de développement. Cependant il en reste toujours çà et là quelques cellules.

Chez les individus épigames femelles, les œufs se développent au sein du tissu sexuel de la manière que j'ai décrite naguère, et ils présentent la forme que j'ai figurée à la même époque. Toutefois, après la transformation en Hétéronéréide, l'œuf continue de s'accroître jusqu'au point d'atteindre un diamètre de $0^{mm},2$ et son apparence change entièrement. Non-seulement la membrane vitelline augmente d'épaisseur et prend un double contour facilement appréciable, mais encore le vitellus se différencie en une couche périphérique, incolore, et une masse centrale d'un beau jaune. La première est finement granuleuse. La seconde est composée de petites sphères qui en enveloppent d'autres plus grandes. Ces œufs sont, comme on le voit, bien différents de ceux de la forme néréidienne mûre. Dans une Hétéronéréide parfaitement mûre, les œufs remplissent en entier la cavité périviscérale et le tissu sexuel est complétement résorbé.

Nous ne sommes pas encore au bout des particularités surprenantes présentées par la N. *Dumerilii*. Je vais montrer en effet qu'on est obligé d'admettre chez cette espèce

deux formes d'Hétéronéréides assez différentes dans leur genre de vie.

Pendant les mois de janvier, février et mars, les pêcheurs m'ont apporté presque chaque jour quelques Hétéronéréides pêchées à la surface de la mer. *Un verme natante!* s'écriait triomphalement chacun en apportant sa capture, car ils avaient fort bien remarqué ma prédilection pour ces vers. Toutes ces Hétéronéréides si vives, si alertes, pour lesquelles le plus grand bocal était toujours une prison trop étroite, toutes ces Hétéronéréides, dis-je, étaient de petite taille. Pour l'ordinaire elles variaient entre 20, 30 et 40^{mm}. Le nombre de leurs segments était pourtant plus considérable que celui des petites Néréides mûres. Il s'élevait à 65 ou même 75. Jamais un grand individu de 60, 70 ou 80^{mm} n'a été pêché nageant à la surface de la mer. En mars on m'apporta en abondance des Néréides et de grosses Hétéronéréides dans leurs tubes, mais ces vers ne s'écartaient guère du fond des vases et ne venaient point nager à la surface. Giovanni, pêcheur intelligent, fut frappé lui-même de la ressemblance des Hétéronéréides de fond avec celles de la surface, car il me dit un jour en parlant des premières : « Ce sont des vers nageurs qui ne nagent pas [1]. » Cependant, au milieu de ces tubes, il s'en trouvait toujours quelques-uns donnant de petites Hétéronéréides, et dès que ces vers sortaient de leur habitation, ils commençaient à se mouvoir avec agilité, comme les individus pêchés à la surface, en faisant

[1] L'attention de Giovanni paraît s'être aussi portée sur les phases intermédiaires entre les Néréides et les Hétéronéréides Un jour en effet, en me montrant un individu épigame très-avancé dans sa transformation, il me dit : « C'est un ver de tube en train de devenir nageur. »

éclater toutes les couleurs de l'arc-en-ciel sur leurs éventails de soies abdominales.

Je crois donc nécessaire de distinguer deux formes d'Hétéronéréides, l'une petite et fort agile, gagnant la surface de la mer pour porter au loin les éléments reproducteurs ; l'autre beaucoup plus grande, mais moins agile, ne s'éloignant guère du fond de la mer, et servant plutôt à la multiplication de l'espèce dans un lieu donné. Cette opinion est corroborée par la circonstance que les œufs ne sont point semblables dans ces deux formes d'Hétéronéréides. L'œuf de la petite forme, non-seulement ne présente pas la couleur jaune intense de l'œuf de la grande, mais encore il est dépourvu de la zone granuleuse périphérique. En revanche les zoospermes sont identiques dans les deux formes.

Une question intéressante se présente maintenant. Nous avons amplement établi pour la N. *Dumerilii* 1° qu'il existe deux phases sexuées ; 2° que la forme néréidienne peut se transformer en Hétéronéréide. Mais un ver qui est arrivé à maturité sous la forme de Néréide, peut-il perdre pour un temps toute trace de sexualité, croître en dimensions et en nombre de segments, pour reprendre plus tard les caractères sexuels et se transformer en Hétéronéréide ? Ou bien ne faut-il pas plutôt admettre qu'un ver, arrivé à maturité sous la forme néréidienne, ne peut jamais arriver lui-même à la phase d'Hétéronéréide, et que seules les Néréides qu'il engendre sont appelées plus tard à subir cette transformation ? C'est là un problème bien difficile à résoudre. Il n'y aurait je crois qu'un seul moyen de lui donner une solution complète. Ce serait de suivre quelques individus pendant une grande partie de leur vie dans un aquarium. Mais ces observations devraient

être poursuivies au moins pendant une année et peut-être bien davantage. La transformation en Hétéronéréide paraît n'avoir lieu chez cette espèce que vers la fin de l'hiver. Or, à cette époque on trouve de nombreuses petites Néréides mûres qui ne pourraient se transformer en Hétéronéréides que l'année suivante au plus tôt, à moins qu'il n'y ait une seconde époque de métamorphose. Pour ma part, j'incline à croire que le même individu peut présenter successivement les deux phases de maturité. Je fonde cette opinion sur le fait que l'immense majorité des individus de 30 à 45 segments renferment des éléments sexuels. Or, si la seconde alternative était vraie, on devrait trouver de nombreux individus de la même dimension sans caractères sexuels.

Le fait d'espèces animales présentant deux formes sexuées n'est point entièrement nouveau. Les belles observations de MM. Leuckart et Mecznikow et celles de M. Schneider sur l'*Ascaris nigrovenosa,* nous ont fait connaître chez les Nématodes des cas analogues où l'une des générations est, il est vrai, hermaphrodite et l'autre présente des sexes séparés. Mais, parmi les Acalèphes, certains Géryonides *(Carmarina),* selon M. Hæckel, et, parmi les Nématodes, la *Leptodera appendiculata,* selon M. Claus, présentent bien deux formes sexuées pour chacune desquelles le gonochorisme est la règle. L'histoire des Axolotls, telle que M. Duméril nous l'a fait connaître, n'est pas sans offrir non plus certains points d'analogie avec celle de la *N. Dumerilii.* Toutefois il est certain que les phénomènes de reproduction de ce ver ne sauraient être parallélisés dans tous les détails avec aucun de ces cas si remarquables.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

W. Huggins. Note sur la chaleur émise par les étoiles. (*Philosophical Magazine*, juillet 1869.)

Une série d'observations sur la chaleur émise par les étoiles Sirius, Pollux et Régulus a été faite par l'auteur en 1867. Il ne les avait pas publiées jusqu'à ce jour, espérant toujours pouvoir les reprendre et les étendre à un plus grand nombre d'étoiles. L'appareil qu'il a employé consistait en un galvanomètre astatique. Au-dessus de l'aiguille supérieure était fixé un petit miroir concave, au moyen duquel l'image de la flamme d'une lampe pouvait être projetée sur une échelle placée à quelque distance. Le plus souvent, cependant, l'auteur préférait observer directement l'aiguille au moyen d'une lentille, disposée de manière à grossir suffisamment les divisions pour qu'elles pussent être lues à une courte distance de l'instrument. La sensibilité de l'appareil était maintenue à son plus haut point par une réaimentation fréquente des aiguilles. Elle était suffisante pour que celles-ci parcourussent 90°, lorsqu'on tenait entre le pouce et l'index deux fragments de fil de cuivre de qualité différente. Les thermopiles employés par M. Huggins pour l'observation des étoiles fixes, dont les images vues au télescope ne sont, comme on le sait, que des points lumineux, étaient composés d'une ou deux paires d'éléments; pour ses observations sur la chaleur lunaire il se servait d'une grande pile de vingt-quatre éléments. Quelques-unes de ses observations les plus récentes ont été faites avec une pile dont les éléments étaient composés d'un alliage de bismuth et d'antimoine.

Le thermopile était attaché à un réfracteur de huit pouces d'ouverture. L'auteur l'employait préférablement à un réflecteur, comme pouvant contribuer à maintenir une température plus uniforme dans l'air de l'intérieur du télescope. Le thermopile était renfermé dans un tube de carton, entouré lui-même d'un tube beaucoup plus large composé de feuilles de papier gris collées les unes sur les autres. L'intervalle entre les deux tubes était rempli de laine non filée. A cinq pouces environ, en avant de la surface de la pile. se trouvait placé un disque de verre, destiné à intercepter la chaleur rayonnée de l'intérieur du télescope, et protégé par un double tube en carton, le tube intérieur ayant un diamètre d'un pouce et demi environ. Le dos de la pile était protégé de la même manière par un disque de verre. Le petit tube intérieur était tamponné, au delà du disque de verre, avec de la laine non filée qu'on retirait lorsqu'on désirait chauffer le dos de la pile, en permettant à la chaleur émise par la flamme d'une bougie de traverser le tube pour arriver sur celle-ci. L'appareil était maintenu à deux pouces environ du tube en laiton, par lequel il était réuni au télescope, au moyen de trois pièces de bois destinées à prévenir, autant que possible. les effets de la conductibilité.

Les fils métalliques, au moyen desquels la pile communiquait avec le galvanomètre, placé à quelque distance pour le mettre à l'abri de l'influence de la ferrure du télescope, étaient recouverts de gutta-percha enveloppé de laine. Le tout était enveloppé de bandes en papier gris. Les vis de rappel du galvanomètre étaient aussi renfermées dans un petit cylindre en gutta-percha rempli de laine. Toutes ces précautions contre les influences extérieures étaient indispensables, l'auteur ayant remarqué qu'il suffisait d'approcher la main de l'une des vis, pour produire une déviation dans l'aiguille du galvanomètre plus forte que celle qu'on pouvait attendre du rayonnement des étoiles.

L'appareil qu'on vient de décrire était fixé au télescope de manière à ce que la surface du thermopile se trouvât au foyer de l'objectif. Il y restait attaché, les fils de métal étant en communication avec le galvanomètre, pendant des heures, quelquefois même des journées entières, jusqu'à ce qu'on fût certain que la chaleur s'était distribuée d'une manière uniforme dans l'intérieur de l'appareil renfermant la pile, et que l'aiguille restait fixe à zéro, ou était déviée d'une manière permanente d'un ou deux degrés seulement.

Pour faire une observation, l'auteur, après avoir enlevé le couvercle du dôme, dirigait son télescope, par le moyen du chercheur, vers la portion du ciel où se trouvait l'étoile à examiner, en ayant soin qu'il ne se trouvât pas d'autres étoiles brillantes dans le voisinage de celle-ci. Il observait alors l'aiguille avec attention, et si au bout de cinq minutes il n'y a avait pas aperçu de déviation sensible, il suffisait d'imprimer un léger mouvement au télescope, en se servant du chercheur, pour amener l'image de l'étoile exactement sur la face de la pile. Cette image y était maintenue pendant cinq minutes, au moins, par le moyen d'un mouvement d'horlogerie attaché au télescope. La déviation de l'aiguille commençait presque toujours à devenir visible dès le moment où l'image de l'étoile tombait sur la pile. Au bout de quelques minutes, lorsque l'aiguille paraissait stationnaire, le télescope était dirigé de nouveau vers la portion du ciel voisine de l'étoile qu'on venait d'observer; alors, le plus souvent au bout d'une minute ou deux, l'aiguille commençait à revenir vers sa première position. L'auteur faisait de cette manière, dans le courant d'une nuit, de douze à vingt observations. Voici les principaux résultats qu'il a obtenus.

La moyenne d'un grand nombre d'observations, différant assez peu entre elles, a donné pour l'étoile Sirius une déviation de l'aiguille du galvanomètre de 2° ; pour Pollux une déviation de 2° $^1/_2$; pour Régulus, une déviation de 3° ; pour Arcturus (une seule observation), 3° dans quinze mi-

nutes. L'auteur a fait aussi des observations sur le rayonnement calorifique de la lune à son plein, mais sans obtenir des résultats assez sensibles et assez uniformes pour mériter d'être cités.

Il est à remarquer que les résultats obtenus par M. Huggins ne sont pas strictement comparables entre eux, attendu qu'il n'est pas certain que la sensibilité du galvanomètre soit restée absolument la même pendant toute la durée des observations. Il est cependant probable que les variations, s'il y en a eu, sont de peu d'importance.

L'auteur termine en faisant remarquer que des observations strictement comparables sur la chaleur rayonnée par les étoiles, réunies à des observations sur leurs spectres lumineux, seraient d'un grand secours pour déterminer dans chaque étoile les conditions de la matière par laquelle la lumière est émise.

PHYSIQUE.

G. Magnus. Ueber die Reflexion der Wærme, etc. Sur la réflexion de la chaleur a la surface du spath d'Islande et d'autres corps. (*Pogg. Ann.*, tome CXXXVIII, p. 174.)

Nous avons donné dans notre précédent numéro [1] une analyse succincte des principaux résultats obtenus par M. Magnus dans ses derniers travaux sur l'émission et l'absorption de la chaleur obscure par différents corps; la dernière note publiée par ce physicien dans les *Annales de Poggendorff* est venue compléter ces résultats, en les étendant au cas de la réflexion de la chaleur par les corps.

MM. la Provostaye et Desains [2] avaient déjà entrepris en 1849 une série de recherches sur ce sujet et ils avaient trou-

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXVI, p. 51.

[2] *Comptes rendus de l'Acad. des Sciences*, tome XXVIII, p. 501.

vé que les rayons calorifiques qui ont traversé une plaque de verre sont réfléchis par les surfaces métalliques en moindres proportions que les rayons qui ont traversé une plaque de sel gemme. Plus tard ils avaient annoncé que les rayons calorifiques des diverses parties du spectre d'une lampe sont réfléchis en proportions différentes par les corps [1]. M. Magnus étant en possession d'une substance, le sel gemme, qui n'émet qu'une seule espèce de rayons calorifiques, a repris ces recherches et les a complétées en les étendant à d'autres corps que les seules surfaces métalliques. et il a trouvé que les différents corps réfléchissent très-différemment les rayons calorifiques de longueurs d'onde différentes. Le corps qui se distingue le plus de tous les autres sous ce rapport est le spath d'Islande.

Les corps suivants réfléchissent toujours à peu près la même proportion des rayons calorifiques qui leur proviennent des sources les plus diverses; ainsi l'argent réfléchit toujours de 83 à 90 °/₀ de la chaleur qu'il reçoit, le verre de 6 à 14 °/₀, le sel gemme de 5 à 12 °/₀. Ces chiffres sont à peu près constants pour ces corps. quelle que soit la provenance des rayons ainsi réfléchis ; mais il n'en est point de même pour le spath d'Islande. Ce corps qui ne réfléchit en moyenne que de 6 à 10 °/₀ des rayons calorifiques tombant sur sa surface, en réfléchit jusqu'à 28 et même 30 °/₀ dans le cas particulier où ils émanent d'une surface de sel gemme, et 15 à 17 °/₀ dans le cas de la sylvine qui, comme on l'a vu, a un spectre obscur très-voisin de celui du sel gemme.

L'on ne distinguait jusqu'ici les rayons calorifiques obscurs émanant de différentes sources que par leur température, maintenant l'on sait par les derniers travaux de M. Magnus que les différents corps émettent, absorbent et réfléchissent dans des proportions très-différentes les rayons calorifiques de différentes longueurs d'onde. De telle sorte que si l'œil percevait les rayons de chaleur obscure, les différents corps

[1] *Annales de Chimie*, 3me série, tome XXX, p. 159.

affecteraient pour lui les couleurs les plus variées. Nous ne pouvons qu'annoncer brièvement ici cet important résultat, les détails nous manquant encore complétement sur les procédés d'expérimentation employés par M. Magnus.

E. S.

A. Paalzow. Mesure de la force electromotrice, de la polarisation et de la résistance dans les circuits galvaniques fermés, a l'aide du pont de Wheatstone. (*Pogg. Annalen*, tome CXXXV, p. 326.)

Le pont de Wheatstone a l'avantage d'être un procédé de mesure très-exacte et de plus très-commode une fois qu'il est bien installé pour estimer la résistance et la force électromotrice dans les circuits ouverts. Je me suis donc proposé d'appliquer aussi ces avantages à la mesure de la *résistance galvanique de circuits fermés.* La solution de ce problème m'a conduit en même temps à une méthode pour estimer la force électromotrice dans ces mêmes circuits fermés. Il devient par là possible, et ceci me paraît être d'une certaine importance, d'établir l'existence et l'intensité de la *polarisation* d'un circuit donné. Il suffit, comme je vais le montrer, de faire une série de trois expériences avec le pont de Wheatstone, pour obtenir la force électromotrice de la pile d'abord dans le cas d'un circuit ouvert, puis dans le cas d'un circuit fermé (partant aussi l'intensité de la polarisation) enfin la résistance. Le procédé est le suivant :

Que l'on estime d'abord d'après du Bois-Reymond (*Mémoires de l'Académie de Berlin*, 1862, p. 707) la force électromotrice dans le cas du circuit ouvert. La fig. 1 montre la disposition qu'il convient de donner à cet effet au pont de Wheatstone. L'aiguille du galvanomètre est à 0, lorsque la force électromotrice de la pile en F et en G, celle précisément qu'il s'agit de mesurer et que nous appellerons K,

équivaut à la portion enlevée en a par dérivation à la force électromotrice totale N de la pile normale.

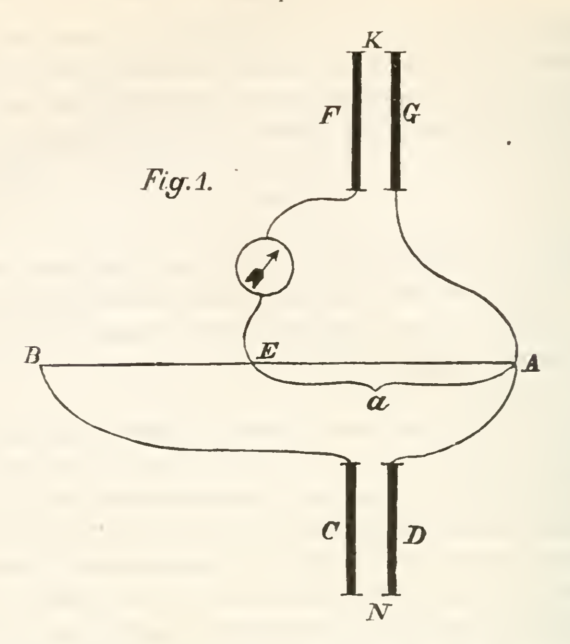


Fig. 1.

Si donc a est en même temps le nombre des divisions comprises entre E et A sur l'échelle graduée placée le long du fil AB, et que l'on désigne par W la résistance totale du circuit fermé ABCD (l'unité de résistance étant celle d'une division du fil AB), l'on a pour la portion de N qui se trouve dérivée en a et que nous désignerons par g.

$$(1) \qquad g = a \frac{N}{W},$$

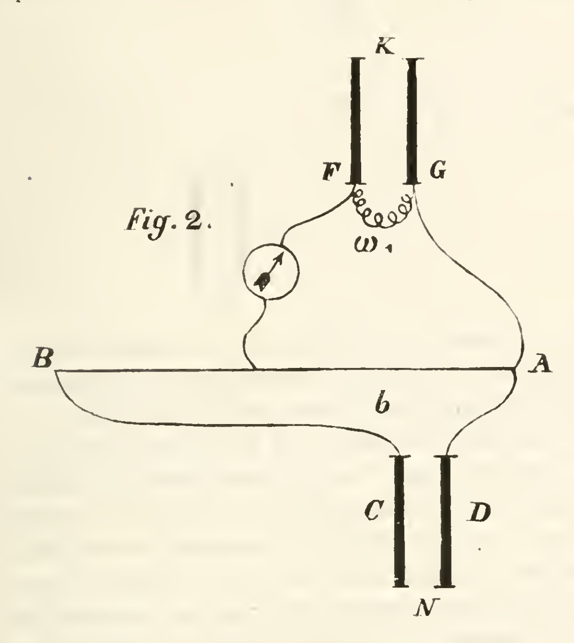
d'où il suit comme valeur de la force électromotrice de la pile dans le cas du circuit ouvert :

$$K = a \frac{N}{W}.$$

Dans ces conditions, j'appelle le circuit K un circuit ouvert,

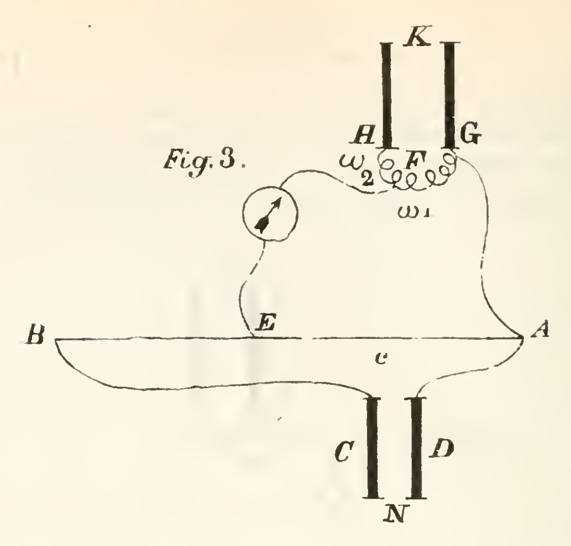
parce qu'il ne passe aucun courant par AEFG lorsque l'aiguille du galvanomètre est à 0, et que, par conséquent, il faut bien réellement assimiler ce circuit à un circuit ouvert.

Après cela il faut introduire entre les deux pôles de la pile



K un fil métallique dont on connaisse la résistance w_1 (voir fig. 2), et ramener de nouveau l'aiguille du galvanomètre au 0. Soit dans ce cas b le nombre des divisions comprises dans la partie du pont qui est commune aux deux circuits.

Enfin il faut encore après cela introduire une nouvelle résistance également connue w_2 non plus entre les deux points de départ F et G des deux fils allant au pont de Wheatstone, mais entre le point F où se détache le fil qui se rend au galvanomètre, et le pôle H de la pile (voir fig. 3). L'on ramène ensuite de nouveau l'aiguille du galvanomètre au 0. Nous désignerons par c le nombre des divisions comprises cette fois entre les points E et A.



Ayant ces différentes données, l'on peut maintenant calculer facilement la résistance x du circuit et la force électromotrice K′ de la pile dans le cas où celui-ci est fermé.

Dans la seconde expérience, l'on ne dérive par le fil interposé entre les points F et G qu'une portion de la force électromotrice totale de la pile K, l'autre portion du courant de cette pile va au galvanomètre et au pont de Wheatstone ; cette dernière, lorsque l'aiguille est au O, est égale à la portion de la force électromotrice de N qui se trouve dérivée en EFA. Or, d'après la loi de Ohm la portion g_1 de K′ qui se trouve ainsi dérivée dans le pont de Wheatstone est :

$$g_1 = K' \frac{w_1}{w_1 + x};$$

d'autre part l'on a aussi :

$$g_1 = N \frac{b}{W},$$

d'où l'on tire :

$$K' \frac{w_1}{w_1 + x} = b \frac{N}{W}. \qquad (2)$$

Dans la troisième expérience, nous appellerons g_2 la portion de K′ qui se trouve dérivée dans le pont de Wheatstone on a alors d'une part :

$$g_2 = \mathrm{K}' \frac{w_1}{w_1 + w_2 + x},$$

d'autre part :

$$g_2 = c \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{W}},$$

combinant ces deux équations :

$$(3) \qquad \mathrm{K}' \frac{w_1}{w_1 + w_2 + x} = c \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{W}};$$

de là on peut déduire :

$$(4) \qquad x = \frac{c\,(w_1 + w_2) - b\,w_1}{b - c}.$$

$$(5) \qquad \mathrm{K}' = b \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{W}} \frac{w_1 + x}{w_1},$$

$$\frac{\mathrm{K}'}{\mathrm{K}} = \frac{b}{a} \frac{w_1 + x}{w_1}.$$

Si l'on a : $w_1 = w_2 = 1$, ce qui sera extrêmement commode dans ces expériences, il vient :

$$x = \frac{2c - b}{b - c}.$$

Si la pile est constante l'on doit avoir $\mathrm{K} = \mathrm{K}'$ la différence entre ces deux valeurs de la force électromotrice dans l'un et l'autre cas donnera la mesure de la polarisation. Cette méthode suppose que la pile normale demeure constante ou du moins donne un courant dérivé constant dans le pont de Wheatstone.

W.-A. Miller. Note sur un thermomètre enregistreur destiné à déterminer la température de la mer à de grandes profondeurs. (*Proceedings of the Royal Society*, juin 1869.)

L'amirauté anglaise, à la demande de la Société royale,

vient de mettre un vaisseau à la disposition du Dr Carpenter, pour lui faciliter certaines recherches dans la mer du Nord, entre autres, la détermination de la température de la mer à de très-grandes profondeurs. On sait que les thermomètres ordinaires donnent dans ce cas des résultats erronés, à cause de la contraction temporaire que subit la boule du thermomètre par suite de l'énorme pression à laquelle elle est soumise. Il résulte de cette contraction un mouvement en avant de l'index thermométrique, et partant, l'indication d'une température plus élevée que celle qui existe réellement. Pour obvier à cette cause d'erreur, M. Miller renferme la boule d'un thermomètre enregistreur de Six dans un tube de verre soudé à la tige du thermomètre en question. Ce tube est presque en entier rempli d'alcool, ne laissant que l'espace strictement nécessaire à la dilatation possible de ce liquide. Après avoir chauffé l'alcool à ébullition pour se débarasser d'une partie de l'air contenu dans le tube extérieur, ce tube est soudé hermétiquement à la tige du thermomètre. On comprend que, par suite de cette construction, des variations dans la pression extérieure ne pourront plus modifier le volume de la boule du thermomètre, tandis que les plus petits changements de température seront transmis rapidement à travers la couche mince d'alcool. Toutes les précautions possibles ont été prises pour ajuster convenablement l'index thermométrique, et pour donner au ressort qui le fait mouvoir une élasticité adaptée aux circonstances de l'expérience. L'instrument lui-même est renfermé dans une caisse en cuivre, ouverte aux deux extrémités, afin de permettre le libre passage de l'eau de la mer.

Pour s'assurer de l'efficacité du procédé ci-dessus, plusieurs de ces appareils thermométriques, renfermés dans un fort cylindre en fer battu rempli d'eau, ont été soumis à une pression hydraulique qu'on a pu augmenter graduellement jusqu'à ce qu'elle eut atteint environ 2500 kilogrammes sur

chaque pouce carré de surface. On a remarqué, sous cette pression, un mouvement en avant de l'index de 0°,28 à 0°,56 du thermomètre centigrade : mais une expérience subséquente a montré que ce mouvement de l'index ne devait pas être attribué à une contraction de la boule du thermomètre, mais était le résultat d'une véritable élévation de température due à la compression de l'eau.

Voici cette expérience telle que la décrit l'auteur. Sept thermomètres, dont trois à boule nue, et les quatre autres, ayant la boule mise à l'abri de la pression extérieure par le procédé décrit plus haut, ont été introduits dans la cavité d'une presse hydraulique. On avait préalablement noté avec le plus grand soin la position de l'index dans chacun d'eux. La pression, élevée graduellement jusqu'à 2500 kilogrammes, a été maintenue à ce taux pendant 40 minutes, afin de permettre à la petite quantité de chaleur developpée par la compression de l'eau de se remettre en équilibre de température avec le corps de l'appareil. A l'expiration des 40 minutes, la pression hydraulique ayant été rapidement diminuée, il s'en est suivi une dépression correspondante dans la température de l'eau, ainsi que l'on a pu s'en assurer par l'observation des quatre thermomètres mis à l'abri de la pression extérieure, chacun desquels a indiqué une température plus basse de 0°,33 que celle qui avait lieu au commencement de l'expérience. L'auteur en conclut que le mouvement en avant de l'index de ces thermomètres n'était point dû à un changement dans le volume de la boule, mais bien à une élévation réelle de température.

Quant aux thermomètres à boule nue, le premier avait éprouvé une compression telle que l'index a été poussé presque jusqu'au sommet du tube. Dans les deux autres thermomètres, l'effet de la compression de la boule a varié de 3°,5 à 5°, suivant l'épaisseur du verre et son pouvoir de résister aux effets de la compression.

La pression hydraulique ayant été portée dans une expé-

rience subséquente jusqu'à 3000 kilogrammes par pouce carré, une légère explosion s'est fait entendre provenant de la rupture de la boule de l'un des thermomètres : les autres n'avaient pas souffert. Dans cette expérience l'élévation de température, due à la compression, dans le cas des thermomètres à boule nue, a atteint pour l'un d'eux 6°,4. Avec les thermomètres à boule abritée, elle n'a jamais dépassé 0°,84, due, comme précédemment, à la chaleur dégagée par la compression de l'eau.

CHIMIE.

SORBY. ON JARGONIUM. SUR LE JARGONIUM, NOUVEL ÉLÉMENT, ASSOCIÉ AU ZIRCONIUM. (*Proceedings of the Royal Society*, n° 113, p. 511.)

Le numéro des *Archives* du mois d'août dernier a fait connaître les recherches de M. Forbes sur la jargonia, oxyde d'un nouveau corps simple découvert par M. Sorby. Voici quelques nouveaux détails sur le même corps.

Le silicate de jargonia est presque, sinon totalement, incolore, et cependant il donne un spectre qui montre une douzaine de lignes noires étroites beaucoup plus distinctes même que celles des sels de didyme qui sont pourtant si caractéristiques. Quand on le fond avec du borax, il donne une perle vitreuse, claire, incolore, soit à chaud soit à froid, et on ne peut apercevoir aucune trace de bande d'absorption dans le spectre. Mais si l'on sature la perle de borax à une haute température, et si l'on flambe, de manière à ce qu'elle puisse se remplir de cristaux de borate de jargonia, le spectre montre quatre bandes d'absorption distinctes, différentes de celles dues à toute autre substance connue.

Les zircons de Miask, de Fredericksvärn et d'autres localités ne contiennent pas ou presque pas de jargonium.

La particularité la plus remarquable que présente l'histoire du jargonium réside dans le fait que ses composés peu-

vent exister sous non moins de trois états cristallins différents, donnant des spectres qui diffèrent les uns des autres tout autant que diffèrent entre eux ceux de trois éléments doués chacun d'un spectre parfaitement caractéristique. Plusieurs substances peuvent être obtenues dans deux états physiques donnant des spectres différents ; mais, ordinairement l'un de ces états seulement est cristallin et l'autre appartient à une modification vitreuse ou colloïde. Les minéraux cristallins, colorés par l'oxyde de chrôme, montrent à la vérité deux types de spectres, mais je ne sache pas que ces deux types se rencontrent jamais dans le même minéral, Dans le cas du jargonium, cependant, les trois types de spectre se rencontrent dans des modifications cristallines d'un composé apparemment le même.

La propriété la plus caractéristique de la jargonia nous est donnée par le spectre de la perle avec le borax. examinée au spectro-microscope, qui nous permet de déceler cette base dans des zircons qui en contiennent environ de 1 p. %. La terre, ou son silicate naturel, est fondue avec un mélange de borax et d'acide borique jusqu'à ce que, par suite de la vaporisation partielle du dissolvant, il commence à se déposer des cristaux; si l'on éloigne alors la perle du feu, elle reste claire et montre quelques cristaux aciculaires mais sans donner de spectre d'absorption. En chauffant de nouveau à une température légèrement inférieure au rouge sombre, la perle devient blanche et opaque; cependant on peut, au moyen d'un artifice décrit par M. Sorby, la faire traverser par la lumière du soleil, ce qui permet une étude spectroscopique. Le spectre produit diffère complétement suivant la température à laquelle les cristaux renfermés dans la perle se sont déposés. Comme on l'a déjà vu plus haut, la perle transparente vitreuse ne donne pas de bandes d'absorption, mais chauffée rapidement à une température légèrement inférieure au rouge sombre, elle devient subitement opaque et présente de nombreuses bandes d'absorption noires, étroites. Les trois plus distinctes sont dans le vert, le

rouge et le bleu : trois autres plus affaiblies s'observent dans l'orangé et le vert. En élevant la température jusqu'au rouge vif, on fait évanouir toutes ces bandes, qui sont alors remplacées par quatre nouvelles, dont aucune ne coïncide avec les précédentes : trois d'entre elles sont situées dans le rouge et l'orangé, et une dans le vert. Dans cet état, la perle est d'un jaune paille clair, au lieu d'être blanche comme précédemment. La zircone pure traitée de la même manière ne présente aucun phénomène semblable.

On pourrait croire que ces trois spectres différents sont dus à des composés également différents ; M. Sorby ne le pense pas, car il montre que le silicate naturel offre les mêmes cas. Certains jargons de Ceylan ont une densité fort peu inférieure à celle des zircons purs (4.70) et contiennent très-peu de jargonia, mais ceux dont la densité est moindre (4,20) contiennent peut-être environ 10 p. $^0/_0$ de jargonia, sous une forme qui donne à peine des traces de bandes d'absorption. En chauffant ces derniers au rouge vif pendant quelque temps, leur densité s'élève de 4,20 à 4.60, environ, et quand on les examine au spectroscope on trouve leur spectre entièrement changé. Au lieu d'une simple indication des bandes on observe treize lignes étroites et une bande plus large. Rien de pareil n'a lieu avec les zircons exempts de jargonia. M. D.

G. Rose. Sur la cristallisation de la silice par la voie sèche. (*Comptes rendus de l'Académie de Berlin*, juin 1869.)

Jusqu'à présent on n'a réussi que par la voie humide à reproduire du quartz cristallisé. Cependant la présence de ce minéral dans des roches auxquelles on attribue généralement une origine ignée semble indiquer qu'il doit pouvoir se former aussi par la voie sèche.

M. G. Rose avait déjà remarqué que la silice qui se sépare dans les essais au chalumeau avec le sel de phosphore n'appartient pas à la modification amorphe, car elle est insoluble

dans la potasse caustique, mais elle est en cristaux si petits qu'il lui avait été impossible d'en reconnaître la forme sous le microscope.

Maintenant il a répété ses essais sur une plus grande échelle, en fondant l'acide silicique dans des creusets, en présence de divers flux, à la chaleur des fours à porcelaine, et il a réussi à constater qu'il cristallise dans ces circonstances en petites lamelles hexagonales, dont la densité a été trouvée de 2,311 à 2,317.

Cette densité, la forme de ces cristaux et leurs modes habituels de groupement prouvent que l'acide silicique cristallise dans ces conditions, non à l'état de quartz, mais sous cette modification qui a été découverte récemment par M. von Rath dans le trachyte de Pachuca au Mexique, à laquelle ce savant minéralogiste a donné le nom de Tridymite, et qui a été retrouvée depuis par Sandberger dans les trachytes du Mont Dore et du Siebengebirge.

Ces résultats ont été obtenus en fondant avec du sel de phosphore, soit du feldspath adulaire, soit de l'acide silicique amorphe, ou en fondant la silice avec la wollastonite ou avec le tiers de son poids de carbonate de soude ou de borax. En général, dans ces expériences la tridymite forme des amas de très-petits cristaux flottant à la surface du verre fondu.

Il y a dix ans H. Rose avait reconnu que le quartz subit par la fusion, souvent même par une simple calcination un peu prolongée, une diminution notable de densité. Comme on ne connaissait alors que la silice amorphe qui se distinguât du quartz par une densité inférieure, il crut pouvoir conclure de ses expériences qu'une haute température transformait le quartz en silice amorphe, bien qu'en réalité les produits qu'il avait obtenus offrissent une densité d'environ 2,3, c'est-à-dire un peu supérieure à celle de la silice amorphe qui est de 2,2. Maintenant on peut affirmer que c'est réellement de l'acide silicique cristallisé, mais sous la forme de tridymite qui prend naissance dans ces expériences à de très-hautes températures.

M. G. Rose ne pense pas cependant que l'on doive considérer comme impossible la formation du quartz par la voie sèche, peut-être parviendrait-on à l'obtenir à une température moins élevée ou par un refroidissement beaucoup plus lent.

BOTANIQUE.

Maxwell T. Masters. Vegetable teratology. Tératologie végétale. Un vol. in-8°. Londres, 1869.

L'ouvrage de Moquin-Tandon sur la tératologie végétale a paru en 1841, et depuis cette époque une grande quantité de monstruosités curieuses et instructives ont été décrites dans les journaux, dans des mémoires ou des livres de botanique de toute espèce. M. Masters en a beaucoup observé lui-même. Il en a figuré plusieurs dans le *Gardeners chronicle*, dont il est le rédacteur principal. Enfin, après avoir noté et classé les faits les plus intéressants, il vient de publier une tératologie d'accord avec l'état actuel de la science. Chose remarquable ! les phénomènes qui, par leur nature même, sont les plus irréguliers, les plus anormaux, sont précisément ceux qui ont conduit les auteurs à des expositions et des classifications éminemment claires et bien coordonnées. L'ouvrage de Moquin-Tandon était digne d'éloges sous ce rapport ; celui de M. Masters est encore mieux classé. Le nombre plus considérable des faits qu'il a employés n'empêche pas qu'on ne puisse arriver à chacun au moyen des titres de subdivisions, en même temps que par la table. Les raisonnements se trouvent bien à leur place et sont en harmonie avec les découvertes les plus récentes de l'organographie. Une chose surtout rend le livre extrêmement clair, c'est la quantité de gravures sur bois intercalées dans le texte. On trouve dans ce seul volume les copies de presque tous les dessins de monstruosités publiées ailleurs, du moins de ceux qui ont le plus d'importance, et il en résulte une abbréviation dans les

descriptions qui rend la lecture plus agréable. On comprend d'ailleurs combien les figures sont nécessaires quand il s'agit de formes tout à fait anormales.

Nous n'essaierons pas de choisir parmi les 15 ou 1600 monstruosités énumérées celles qui pourraient offrir le plus d'intérêt. Il vaut mieux donner une idée de l'esprit dans lequel M. Masters a traité le sujet, et pour cela nous traduirons un fragment de son introduction.

« Linné, dit-il, a parlé de quelques monstruosités dans sa *Philosophia*, mais c'est surtout à Augustin-Pyramus de Candolle qu'il faut attribuer l'honneur d'avoir attiré l'attention sur l'importance de la tératologie. Ce grand botaniste, tantôt indirectement et tantôt par ses observations personnelles, a fait plus que tous ses prédécesseurs pour sortir les faits tératologiques de la position méprisée et négligée dans laquelle on les tenait. Son exemple a été contagieux. Il n'est presque pas de botaniste distingué qui n'ait fourni des documents à la tératologie, et les étudiants ou amateurs y ont aussi largement contribué.

« Quelque défaveur a été jetée sur la tératologie à la suite du mauvais usage qu'on en a fait. Dans un temps on a cru qu'elle pouvait tout prouver, et il n'est pas singulier que certaines personnes en aient conclu qu'elle ne prouve rien. Ses preuves, il est vrai, sont quelquefois négatives et souvent contradictoires, mais cela résulte plutôt d'interprétations défectueuses que d'un défaut de valeur intrinsèque. La faute en est au disciple, non à la nature.

« La tératologie, considérée comme moyen de résoudre des problèmes de morphologie, a été particulièrement, mais injustement mise au-dessous de l'organogénie. Il n'y a pas de raison pour rehausser ou rabaisser l'une aux dépens de l'autre. Toutes les deux méritent d'être consultées. L'étude des développements montre l'état primitif et l'évolution graduelle des organes dans un individu ou dans une espèce; elle nous ramène à plusieurs degrés antérieurs de certains

organismes, mais la tératologie le fait aussi. Plusieurs exemples d'arrêt de développement montrent le mode de croissance plus distinctement et beaucoup plus aisément que l'évolution sous des conditions naturelles. L'organogénie ne donne pas nécessairement ni constamment des vues sur les principes qui gouvernent la construction des fleurs en général. Elle ne donne pas des types, excepté dans les cas rares où il y a une symétrie et une régularité primordiales. Quand on désire une explication sur l'irrégularité du développement des premiers âges de la plante, il faut recourir aux inférences et aux déductions tirées de la tératologie et de la comparaison de formes voisines, précisément comme dans le cas de fleurs adultes.

« L'étude du développement est d'une grande importance, mais au point de vue de l'anatomie comparée et de la morphologie, spécialement dans leurs rapports avec l'homologie des organes végétaux, elle n'a pas de supériorité sur la tératologie. Ceux qui croient le contraire paraissent avoir négligé le fait qu'il n'y a pas de distinction, si ce n'est quant au degré, entre les lois qui règlent l'organisation normale et celles qui règlent les formations dites anormales..... La tératologie montre que beaucoup d'organes qu'on dit soudés n'ont jamais été séparés; des disjonctions et séparations sont attribuées à des organes qui n'ont jamais été soudés; on parle d'adhésions et de cohésions dans des cas où elles n'ont pas pu exister, et d'organes atrophiés qui n'ont jamais été plus grands qu'ils ne sont. Aussi longtemps que ces termes inexats seront usités dans la science, on ne parviendra pas à des idées satisfaisantes sur la descendance et les affinités des végétaux..... » L'auteur rappelle ensuite l'utilité de la tératologie pour indiquer certaines affinités d'organes ou de plantes différentes, et son importance dans la question des variations possibles ou probables des espèces dont on s'occupe aujourd'hui plus que jamais.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE SEPTEMBRE 1869.

Le 8, 9 et 10, rosée le matin.
15, forte rosée le matin.
17 et 18, rosée le matin.
20, à 11 h. $^1/_4$ du soir, éclairs et tonnerres.
du 24 au 30, forte rosée le matin ; le 30, de 7 h. $^1/_2$ à 9 h. $^1/_2$ du soir, éclairs à l'horizon O. à NE. ; plus tard, à 10 h. $^1/_4$, éclairs au SO.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 10 h. matin	729,68
5 à 8 h. matin	729,92
7 à midi	729,79
9 à midi	730,42
11 à 10 h. matin	722,94
14 à 10 h. matin	732,64
17 à 10 h. matin	730,88
23 à 8 h. matin	737,94

MINIMUM.

	mm
Le 3 à 6 h. soir	727,50
6 à 3 h. $^1/_4$ soir	727,00
8 à 6 h. soir	726,89
10 à 4 h. soir	720,09
12 à 6 h. matin	721,14
15 à 6 h. soir	725,56
20 à 8 h. soir	715,02
30 à 4 h. soir	721,45

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation Minim.	Fract. de saturation Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim.					mm.				o		cm.
1	729,26	+ 1,60	+15,68	—0,69	+14,4	+18,8	11,31	+1,10	882	+140	700	1000	1,3	3	NNE. 2	0,83	18,8	+ 0,6	172
2	728,27	+ 0,64	+14,49	—1,77	+12,1	+18,6	7,79	—2,38	664	— 80	480	740	...	...	NNE. 2	0,42	18,8	+ 0,7	174
3	728,45	+ 0,85	+13,71	—2,44	+10,2	+18,8	8,00	—2,13	704	— 43	560	750	...	...	N. 1	0,20	18,7	+ 0,6	174
4	728,77	+ 1,20	+14,83	—1,21	+ 7,9	+20,7	9,91	—0,18	785	+ 36	630	940	2,2	3¾	N. 1	0,60	18,7	+ 0,7	170
5	728,61	+ 1,06	+16,83	+0,91	+13,0	+21,0	11,96	+1,91	849	+ 97	630	990	5,7	4	variable	0,79	—	—	169
6	727,96	+ 0,43	+14,93	—0,87	+13,8	+17,4	11,96	+1,95	963	+209	840	970	9,1	6	N. 1	0,94	18,7	+ 0,8	170
7	729,25	+ 1,75	+16,52	+0,84	+12,6	+21,0	10,66	+0,69	785	+ 28	540	950	...	...	N. 1	0,29	18,6	+ 0,8	170
8	728,33	+ 0,86	+16,06	+0,50	+ 9,1	+21,1	11,22	+1,29	825	+ 66	630	980	...	...	N. 1	0,07	18,8	+ 1,0	170
9	729,68	+ 2,24	+16,78	+1,35	+13,3	+21,6	12,31	+2,42	875	+113	660	980	...	...	N. 1	0,50	18,8	+ 1,1	168
10	722,83	— 4,58	+17,29	+1,99	+ 9,9	+22,0	11,80	+1,95	799	+ 35	570	980	...	...	SSO. 1	0,80	18,8	+ 1,2	168
11	722,38	— 5,00	+15,28	+0,42	+12,7	+20,8	10,36	+0,55	830	+ 63	500	960	25,5	9	S. 1	0,68	18,2	+ 0,6	168
12	723,81	— 3,55	+16,17	+1,14	+11,8	+20,0	8,17	—1,60	621	—148	400	790	5,0	2½	SSO. 2	0,66	—	—	167
13	726,70	— 0,63	+16,97	+2,08	+ 9,5	+22,8	8,01	—1,72	584	—187	360	880	...	...	SSO. 2	0,54	14,2	— 3,3	167
14	731,70	+ 4,40	+16,28	+1,53	+11,9	+23,3	6,71	—2,98	550	—224	240	820	...	...	SSO. 1	0,10	10,0	— 7,4	166
15	727,34	+ 0,08	+18,39	+3,78	+ 7,5	+27,1	9,04	—0,62	595	—182	280	930	...	...	SSO. 1	0,07	12,6	— 4,7	165
16	727,73	+ 0,50	+15,97	+1,49	+12,3	+22,0	9,31	—0,30	737	— 42	490	900	1,5	2	S. 2	0,57	15,2	— 2,1	164
17	730,02	+ 2,83	+13,43	—0,92	+ 7,2	+19,3	8,14	—1,41	728	— 54	450	940	...	...	N. 1	0,01	15,4	— 1,8	163
18	728,08	+ 0,92	+18,15	+3,94	+ 7,2	+26,6	9,36	—0,13	621	—164	340	950	...	...	SSO. 2	0,00	15,2	— 1,9	162
19	723,33	— 3,79	+17,81	+3,73	+14,9	+21,7	9,64	+0,20	677	—110	470	870	8,6	2½	SSO. 2	0,94	—	—	161
20	720,58	— 6,51	+16,67	+2,72	+11,4	+21,3	9,78	+0,40	703	— 87	500	780	1,7	2	SSO. 1	0,66	—	—	160
21	723,46	— 3,60	+12,71	—1,09	+10,6	+19,0	8,36	—0,97	794	+ 2	610	950	3,5	4	variable	0,93	12,2	— 4,6	160
22	732,82	+ 5,80	+11,56	—2,09	+10,0	+14,9	7,90	—1,37	806	+ 11	540	940	1,7	3	N. 1	0,74	13,7	— 3,0	160
23	736,84	+ 9,85	+11,18	—2,33	+ 6,0	+17,8	7,36	—1,85	774	— 23	440	980	...	...	variable	0,21	14,4	— 2,2	161
24	735,36	+ 8,41	+11,71	—1,65	+ 5,0	+18,4	7,52	—1,64	749	— 50	470	980	...	...	variable	0,11	15,9	— 0,6	159
25	732,33	+ 5,41	+14,07	+0,86	+ 7,0	+21,1	8,62	—0,48	743	— 58	420	940	...	...	variable	0,00	16,1	— 0,3	157
26	730,57	+ 3,68	+16,93	+3,87	+ 8,4	+25,2	9,64	+0,59	703	—100	350	960	...	...	SSO. 1	0,01	--	—	155
27	729,91	+ 3,06	+16,50	+3,59	+ 9,9	+25,8	10,54	+1,55	765	— 40	390	930	...	...	variable	0,00	16,8	+ 0,6	154
28	728,01	+ 1,19	+16,95	+4,20	+10,8	+24,1	10,36	+1,43	743	— 64	440	960	...	...	SSO. 1	0,00	16,9	+ 0,8	152
29	725,01	— 1,77	+14,94	+2,34	+ 9,9	+20,4	10,45	+1,57	830	+ 21	670	980	...	...	variable	0,23	17,0	+ 1,0	151
30	722,60	— 4,15	+17,71	+5,26	+10,0	+24,0	9,34	+0,52	636	—175	400	940	...	...	SSO. 1	0,34	17,5	+ 1,6	150

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1869.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,70	728,78	728,82	728,44	727,86	727,29	727,18	727,82	728,02
2e »	726,50	726,81	726,90	726,61	725,77	725,29	725,38	725,91	726,30
3e »	729,67	730,16	730,27	729,85	729,39	729,16	729,43	730,06	730,46
Mois	728,29	728,58	728,66	728,30	727,68	727,25	727,33	727,93	728,26

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+12,37	+15,03	+16,77	+17,62	+18,58	+19,34	+18,75	+16,95	+15,52
2e »	+12,48	+15,33	+17,71	+20,10	+21,57	+21,25	+18,64	+16,79	+15,54
3e »	+ 9,37	+12,69	+16,05	+18,66	+19,55	+19,19	+17,13	+11,81	+13,33
Mois	+11,41	+14,35	+16,84	+18,79	+19,90	+19,93	+18,17	+16,18	+14,80

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	9,76	10,85	10,94	11,16	11,16	10,82	11,13	10,89	10,96
2e »	8,82	8,98	8,89	8,74	8,15	8,62	9,77	9,74	9,41
3e »	8,40	9,14	9,36	9,19	8,65	9,06	9,81	9,53	9,38
Mois	9,00	9,66	9,73	9,70	9,32	9,50	10,24	10,05	9,92

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s
1re décade	904	845	763	746	707	651	692	760	835
2e »	821	699	606	506	433	463	618	692	729
3e »	945	830	683	571	515	553	675	767	834
Mois	890	791	684	608	552	556	662	740	799

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+11,63	+20,10	0,54	18,74	18,3	170,5
2e »	+10,64	+22,49	0,42	14,40	42,3	164,3
3e »	+ 8,76	+21,07	0,26	15,61	5,2	155,9
Mois	+10,34	+21,22	0,41	16,40	65,8	163,6

Dans ce mois, l'air a été calme 5,9 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,67 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 41°,3 O., et son intensité est égale à 21,1 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE SEPTEMBRE 1869.

Le 1,	brouillard	tout le jour.
2,	id.	depuis 6 h. du soir.
3,	id.	à 10 h. du soir.
4,5,	id.	la plus grande partie de la journée.
6,	id.	tout le jour.
7,	id.	jusqu'à 6 h. du soir.
8,	id.	à 10 h. du soir.
9,	id.	presque tout le jour.
10,	id.	toute la journée.
11,	id.	jusqu'à 2 h. de l'après-midi.
12,	id.	depuis 6 h. du soir.
14,	id.	à 6 h. du matin.
15,	id.	de 2 à 6 h. du soir.
19,	id.	de midi à 6 h. du soir.
20,	id.	à 6 h. du matin.
21,22,	id.	toute la journée.
27,	id.	depuis 8 h. du soir.
28,	id.	jusqu'à 8 h. du matin et depuis 8 h. du soir.
29,	id.	de 8 h. du matin à 2 h. du soir et depuis 6 h. du soir.
30,	id.	tout le jour.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 8 h. matin...........	569,01	Le 2 à 8 h. matin........	566,53
5 à 10 h. matin..........	571,57	7 à 6 h. matin...........	566,94
9 à 10 h. matin	571,50	12 à 6 h. matin	562,91
14 à 10 h. soir	571,61	16 à 10 h. matin	566,52
18 à 10 h. matin...........	572.00	21 à 6 h. matin	557,94
23 à 8 h. soir	573,25	30 à 8 h. matin	567,68

SAINT-BERNARD. — SEPTEMBRE 1869.

Jours du mois.	Baromètre.				Température C.				Pluie ou neige.			Vent dominant		Clarté moyenne du Ciel.
	Hauteur moy. des 24 heures.	Écart avec la hauteur normale.	Minimum.	Maximum	Moyenne des 24 heures.	Écart avec la température normale.	Minimum*	Maximum*	Hauteur de la neige.	Eau tombée dans les 24 h.	Nombre d'heures.			
	millim.	millim.	millim.	millim.	o	o	o	o	millim.	millim				
1	568,33	+ 0,18	567,72	569,01	+ 3,94	— 1,14	+ 3,2	+ 6,4	.....	9,5	8	NE.	1	0,91
2	566,69	— 1,41	566,53	567,00	+ 3,38	— 1,61	+ 0,1	+ 7,0	.....	.....	....	NE.	1	0,37
3	567,49	— 0,55	566.74	568,51	+ 7,00	+ 2,10	+ 4,6	+12,8	.....	.....	....	NE.	1	0,17
4	569,95	+ 1,97	569,53	571,31	+ 3,99	— 0,82	+ 3,4	+ 5,6	.....	2.6	3	SO.	1	0,84
5	570,56	+ 2,64	569,66	571,57	+ 5,83	+ 1,11	+ 3,4	+ 9,2	.....	20,7	6	SO.	1	0,93
6	567,97	+ 0,11	567,17	568,94	+ 3,02	— 1,60	+ 2,2	+ 5,0	.....	10,9	2	SO.	1	0,99
7	568,33	+ 0,54	566,94	569,31	+ 3,07	— 1,45	+ 2,0	+ 4,8	.....	.....	....	NE.	1	0,76
8	569,94	+ 2,22	569,13	570,83	+ 6,09	+ 1,67	+ 3,8	+ 8,8	.....	.....	....	SO.	1	0,47
9	571,12	+ 3,47	570,72	571,50	+ 6,09	+ 1,77	+ 4,6	+ 8,7	.....	.....	....	SO.	1	0,88
10	568,30	+ 0,72	565,96	570,10	+ 5,71	+ 1,50	+ 4.8	+ 7,8	.....	.....	....	SO.	2	0,95
11	563,21	— 4,30	563,05	563,80	+ 4,39	+ 0,29	+ 3,2	+ 7,4	.....	26,3	6	SO.	1	0,60
12	564,48	— 2,96	562,91	566,65	+ 3,67	— 0,32	+ 0,7	+ 6,2	.....	.....	....	SO.	2	0,73
13	567,03	— 0,34	566,42	568,12	+ 7,01	+ 3,13	+ 4,2	+10,4	.....	.....	....	SO.	1	0,31
14	570,27	+ 2,97	568,66	571,61	+ 5,51	+ 1,75	+ 4,7	+ 7,3	.....	.....	....	NE.	2	0,20
15	569,77	+ 2,55	569,14	570,76	+10,08	+ 6,44	+ 7,4	+13,6	.....	.....	....	SO.	1	0,00
16	567,12	— 0,02	566,52	567,84	+ 3,99	+ 0,47	+ 0,5	+ 9,4	.....	.....	....	NE.	1	0,66
17	570,20	+ 3,14	568,41	571,28	+ 7,11	+ 3,71	+ 4,0	+ 9,8	.....	.....	....	NE.	1	0,02
18	570,96	+ 3,98	570,02	572,00	+ 8,71	+ 5,44	+ 6,2	+11,8	.....	....	....	SO.	1	0,00
19	565,99	— 0,91	564,48	567,56	+ 5,00	+ 1,85	+ 3,6	+ 7,3	.....	8,0	6	SO.	1	0,92
20	562,72	— 4,10	561,16	563,71	+ 5,65	+ 2,63	— 1,2	+10,0	.....	2,5	6	SO.	1	0,84
21	562,04	— 4,70	557,94	564,67	+ 0,47	— 2,42	— 2,6	+ 3,0	.....	16,1	6	NE.	2	0,98
22	567,57	+ 0,92	564,82	570,51	— 3,75	— 6,51	— 4,2	— 2,3	.....	.....	....	NE.	2	0,92
23	572,75	+ 6,19	571,32	573,25	— 0,21	— 2,84	— 4,2	+ 3,2	.....	.....	....	NE.	1	0,22
24	572,98	+ 6,50	572,80	573,17	+ 4,18	+ 1,68	+ 2,1	+ 7,1	.....	.....	....	NE.	1	0,06
25	572,70	+ 6,30	572,60	573,03	+ 9,69	+ 7,33	+ 4,2	+12,8	.....	.....	....	NE.	1	0,00
26	572,35	+ 6,04	572,05	572,86	+ 8,83	+ 6,61	+ 6,8	+12,2	.....	.....	....	calme		0,00
27	571,58	+ 5,36	571,30	572,10	+ 7,92	+ 5,84	+ 5,3	+14,8	.....	.....	....	SO.	1	0,22
28	570,17	+ 4,04	570,06	570,60	+ 6,27	+ 4,33	+ 4,2	+10,2	.....	.....	....	SO.	1	0,59
29	568,33	+ 2,29	567,85	569,13	+ 4,23	+ 2,43	+ 3,4	+ 6,2	.....	.....	....	SO.	2	0,79
30	568,01	+ 2,06	567,68	568,31	+ 3,14	+ 1,48	+ 2,8	+ 4,4	.....	21,2	8	SO.	2	0,99

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE SEPTEMBRE 1869.

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	568,70	569,08	569,23	569,19	569,00	568,89	568,69	568,87	568,93
2e »	566,99	567,34	567,31	567,35	567,25	567,13	567,21	567,40	567,36
3e »	569,08	569,56	569,90	569,95	569,89	569,96	570,11	570,42	570,53
Mois	568,25	568,66	568,81	568,83	568,71	568,66	568,67	568,90	568,94

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 3,65	+ 5,32	+ 6,37	+ 7,08	+ 6,91	+ 5,58	+ 4,97	+ 4,63	+ 4,20
2e »	+ 4,53	+ 6,22	+ 7,57	+ 8,44	+ 8,81	+ 7,89	+ 6,62	+ 5,35	+ 4,98
3e »	+ 2,50	+ 3,73	+ 5,26	+ 6,29	+ 6,57	+ 6,14	+ 4,60	+ 3,99	+ 3,02
Mois	+ 3,56	+ 5,09	+ 6,40	+ 7,27	+ 7,43	+ 6,54	+ 5,40	+ 4,66	+ 4,07

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 3,21	+ 7,61	0,73	43,7	—
2e »	+ 3,33	+ 9,32	0,43	36,8	—
3e »	+ 1,78	+ 6,86	0,48	37,3	—
Mois	+ 2,77	+ 7,93	0,54	117,8	—

Dans ce mois, l'air a été calme 20,7 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,92 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 45° O., et son intensité est égale à 4,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

RÉFLEXIONS ET EXPÉRIENCES

SUR

LE VOL DES COLÉOPTÈRES

PAR

M. FÉLIX PLATEAU [1]

> Le vol est le plus compliqué de tous les mouvements qu'exécutent les insectes.
>
> LACORDAIRE (*Introduction à l'Entomologie*, t. II, p. 297).

---

§ I. — *Historique.*

La question minutieuse et intéressante du vol des insectes a déjà été traitée, sous quelques-unes de ses faces, par plusieurs naturalistes éminents.

Les diverses conditions de ce genre de mouvement paraissent avoir été examinées en premier lieu chez les Diptères, puisque nous voyons l'ancien auteur anglais Baker [2] s'occuper de l'influence défavorable qu'exerce l'ablation des balanciers. Ce même point de détail, dont je ne parle ici qu'à titre historique, a été réétudié plus tard par Derham [3], Schelver [4], Robineau-Desvoidy [5], etc.

L'entomologiste Olivier [6] a dit quelques mots du vol

[1] Ce mémoire a été lu à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève, dans la séance du 2 septembre 1869.

[2] Lacordaire, Introduction à l'Entomologie, 1838, t. II, p. 299.

[3] Phys. Theol. Ed. 13, p. 366 (dans Kyrby et Spence).

[4] Wiedemann's Archiv, t. II, p. 210 (même source).

[5] Recherches sur l'organisation vertébrale des crustacés et des insectes, p. 186 (d'après M. Lacordaire).

[6] Entomologie ou histoire naturelle des insectes coléoptères, t. I, p. 5 et 6. Paris, 1789.

des Coléoptères ; mais les recherches sérieuses datent de Chabrier [1], dont le travail quoique très-compliqué, surtout au point de vue expérimental, n'en est pas moins utile à consulter. Straus-Dürkheim [2], profitant largement des études de Chabrier, les a complétées en ce qui concerne les muscles moteurs de l'aile et la théorie mathématique du vol ; mais il ne paraît pas avoir cherché à confirmer par l'expérience les raisonnements qu'il expose.

MM. Breyer [3], Lecoq [4] et Maurice Giraud [5] ont porté leurs investigations sur l'élévation de température qu'on observe pendant le vol chez les Lépidoptères, et, en outre, M. Giraud a montré, par des expériences aussi simples qu'ingénieuses, que la différence de flexibilité qui existe entre les deux bords de l'aile joue, dans l'acte du vol, un rôle considérable.

A des époques différentes, Kirby et Spence [6], Dugès [7], M. Lacordaire [8], ont résumé dans des travaux d'ensemble, ce qu'avaient publié leurs devanciers ; ils ont cité surtout des exemples de la puissance et de la rapidité du vol. Moi-même, j'ai fait des expériences nombreuses sur la

[1] Essai sur le vol des insectes (Mém. du Muséum), t. VI, p. 410. Paris, 1820.

[2] Considérations générales sur l'anatomie comparée des animaux articulés. Paris et Strasbourg, 1828.

[3] Annales de la Société entomol. belge, 1860, t. IV, p. 92.

[4] Comptes rendus de l'Acad. des Sciences de Paris, 1862, t. LV, p. 191.

[5] Études sur la chaleur libre dégagée par les animaux invertébrés et spécialement les insectes (Annales des Sciences natur., 5me série, tome XI, 1869). — Sur diverses expériences relatives à la fonction des ailes chez les insectes (Annales de la Société entomol. de France, 1862, p. 153).

[6] An introduction to Entomology. Édit. de 1867, p. 469.

[7] Traité de Physiologie comparée de l'homme et des animaux, t. II, 1838-1839.

[8] Op. cit., t. II.

force musculaire que les insectes dépensent en volant[1]. Enfin M. de Lucy a publié dans la *Presse scientifique et industrielle des Deux Mondes*[2] une série d'articles sur le vol, où les insectes tiennent une large part; parmi bien des aperçus nouveaux, on trouve dans les recherches de cet auteur que le poids est une des conditions de la progression aérienne.

Au point où en était encore la question en 1868, on connaissait donc une grande partie du mécanisme, c'est-à-dire l'ensemble des leviers et du système musculaire; on savait que le vol des insectes est accompagné d'une grande activité dans le travail respiratoire puisqu'il produit beaucoup de chaleur; on avait évalué la force que les insectes emploient pour s'élever dans l'atmosphère, et, après Straus qui en avait eu la première idée, l'attention des physiologistes avait été attirée par M. Girard sur le rôle que joue la différence de flexibilité des bords antérieurs et postérieurs de l'organe du vol; de plus, M. de Lucy, sur les idées duquel je reviendrai plus loin, avait montré théoriquement l'influence favorable qu'exerce le poids de l'animal. Mais, malgré tous les raisonnements plus ou moins hypothétiques qu'on rencontre çà et là chez les auteurs précités et dans les traités de physiologie comparée, on n'avait, il faut bien l'avouer, aucune idée exacte des mouvements que l'aile exécute.

Mon père, le professeur J. Plateau, qui a consacré, comme on le sait, une grande partie de ses recherches à l'étude des phénomènes résultant de la durée des impressions lumineuses sur la rétine, m'avait proposé plusieurs

[1] Sur la force musculaire des insectes (Bulletin de l'Acad. royale de Belgique, 2me série, tomes XX et XXII, 1865-1869).

[2] Sixième année, tome II, Paris, 1865.

fois d'étendre la question et d'appliquer les appareils qu'il a imaginés à l'observation de quelques-uns des mouvements rapides des animaux, et notamment à celle du vol des insectes.

Les expériences étaient vaguement projetées, lorsque M. Marey, qui s'est fait une réputation si justement méritée dans le domaine de la physiologie expérimentale, me devança et présenta successivement à l'Académie des Sciences de Paris deux notes très-intéressantes sur le vol des insectes [1].

Les expériences de M. Marey ne sont ni celles que je viens d'effectuer, et que je vais décrire dans le travail actuel, ni celles que j'avais projetées de concert avec mon père, et dont on me permettra de ne rien dire ici parce que je me réserve de le faire un jour. Cependant M. Marey a employé très-ingénieusement la persistance des impressions comme moyen d'investigation, et est arrivé à des résultats excessivement curieux.

Ce que je veux examiner en premier lieu, ce sont les déductions théoriques que le savant physiologiste français tire de ses expériences. Je rappellerai d'abord, en quelques mots, ce que les notices de M. Marey renferment de plus saillant.

Pour parvenir à la connaissance des mouvements qu'exécute l'aile d'un insecte qui vole, M. Marey fait usage de deux procédés principaux : le premier, basé sur la persistance des impressions, consiste à dorer l'extrémité de l'aile, et à éclairer vivement cette extrémité. Dans ces conditions, le tracé aérien de la portion dorée affecte la forme d'un huit de chiffre.

[1] Reproduction mécanique du vol des insectes (Comptes rendus, tomes LXVII et LXVIII, 1869).

Le second procédé est analogue à celui qui a été employé par M. Duhamel pour déterminer le nombre des vibrations correspondant à un son donné par un diapason vibrant : M. Marey fait frotter le sommet de l'aile contre une baguette de verre enduite de noir de fumée.

De ces expériences résulte, ainsi que l'auteur nous le dit lui-même, que « l'aile se porte d'arrière en avant aussi bien dans sa descente que dans sa remontée..... [1]. Le plan de l'aile change deux fois pendant sa révolution..... Pendant la descente, l'aile présente un peu en avant sa face supérieure, tandis que pendant la montée cette face regarde un peu en arrière. »

M. Marey fait observer qu'il est impossible de chercher l'explication de cet ensemble de changements rapides et réguliers de direction dans une complication du système musculaire, complication qui n'existe pas, et dans une coordination extraordinaire des mouvements plus que douteuse. « On peut prouver, dit M. Marey, qu'il suffit que l'aile s'élève et s'abaisse pour que la résistance de l'air entraîne tous les autres mouvements [2]. »

Le bord antérieur d'une aile d'insecte présente, en général, un ensemble de nervures rigides (*radiale*, *cubitale*, etc.) ; le bord postérieur est relativement beaucoup plus flexible. Straus-Dürkheim en avait déduit, comme je l'ai déjà donné à entendre, que lors de l'ascension ou de la descente de l'organe du vol, le bord postérieur de l'aile devait toujours rester en arrière du mouvement [3]; et il avait admis, de plus, que l'aile ne frappe jamais l'air qu'obliquement, et que cette obliquité est une des condi-

[1] Comptes rendus, op. cit., t. LXVIII, p. 667.

[2] Ibid., p. 668.

[3] Considérations générales, etc., op. cit., p. 668.

tions nécessaires pour la possibilité du vol. M. Girard, appliquant l'idée de Straus, prouva que, si par un vernis on diminue la flexibilité du bord postérieur de l'aile, l'insecte ne parvient plus à voler.

J'admets parfaitement avec Straus, M. Girard et M. Marey, 1° que c'est la résistance de l'air et la différence de flexibilité des deux bords de l'aile qui détermine son mouvement en huit de chiffre et les changements de direction du plan qui frappe l'air ; 2° que ces changements de direction sont nécessaires pour que le vol soit possible. Ce que je n'admets pas, c'est qu'ils suffisent à eux seuls pour expliquer le vol en entier ; en d'autres termes, je soutiens que, s'il n'y avait que ces deux conditions, l'insecte pourrait se déplacer dans un plan horizontal, mais qu'il lui serait impossible de s'élever.

Je ne décrirai pas ici l'appareil ingénieux que M. Marey a imaginé pour répéter mécaniquement les mouvements qu'il admet dans les ailes des hexapodes [1] ; je me bornerai à rappeler que le seul mouvement manifesté par ce diptère artificiel était un mouvement de translation horizontale.

§ II. — *Examen théorique.*

Reprenons actuellement la question de plus haut et, en nous basant sur les recherches déjà connues de Straus-Dürkheim et sur des considérations de physique, cherchons d'abord quelles sont toutes les conditions du vol ascendant; nous les vérifierons ensuite par l'expérience.

1° La charnière, l'articulation autour de laquelle l'aile tourne, n'étant pas parallèle à l'axe du corps, mais oblique de haut en bas et d'avant en arrière, l'aile a une

[1] Journal *Les Mondes*, 1869, tome XIX, p. 693.

tendance continuelle à présenter un peu en avant sa face inférieure.

2° A cause de la flexibilité plus grande du bord postérieur qui s'incurve dans un sens, puis dans l'autre, sous l'influence de la résistance de l'air, l'aile présente fortement en avant sa face inférieure dans l'ascension, et, au contraire, un peu sa face supérieure dans la descente.

3° Dans l'ascension, la résistance de l'air se décompose en deux forces, l'une parallèle à l'aile, qui glisse et qui n'a pas d'action, l'autre perpendiculaire, et qui donne à l'insecte une impulsion oblique de haut en bas et en avant. Dans la descente, phénomène analogue et composante effective dirigée de bas en haut et en avant; mais comme le plan de l'aile est plus rapproché de l'horizontale, ainsi qu'il résulte du 2°, cette composante est aussi plus voisine de la verticale.

4° Si l'on cherche, comme l'a fait Straus [1], la résultante des deux composantes effectives, on trouve une force finale dirigée en avant et un peu vers le haut.

5° « L'insecte s'étant donné avec ses ailes une impulsion oblique de bas en haut, sa pesanteur le ramène toujours à la première hauteur, de manière qu'il parcourt réellement une ligne horizontale. » C'est cette dernière phrase, copiée textuellement de Straus, que les auteurs récents ont oubliée ; l'insecte artificiel de M. Marey n'est que le hanneton de Straus volant dans les conditions qui précèdent; son vol ne peut être qu'horizontal et, de plus, ainsi qu'il résulte de la figure publiée par M. Marey, les articulations des ailes de son instrument n'étant pas même obliques de haut en bas et d'avant en arrière, mais hori-

[1] Considérations, etc., op. cit., article V, p. 209, pl. 10, fig. 7.

zontales, le poids n'est pas du tout contre-balancé, et, sans support matériel, l'insecte artificiel impuissant tomberait rapidement vers le sol.

Le poids de l'insecte est une résistance avec laquelle il faut nécessairement compter ; j'ai montré, en effet, dans mes études personnelles *sur la force musculaire des insectes* [1], en cherchant la valeur des poids additionnels maxima que les insectes peuvent enlever en volant, que la puissance de leur vol ne dépasse généralement que de fort peu celle qui est nécessaire pour soutenir leur propre poids, le petit excès servant simplement à compenser la fatigue.

Le poids, suivant M. de Lucy, est une des conditions fondamentales de l'acte du vol [2]. « La nature, dit cet auteur, a donné aux volatiles un corps pesant et capable d'emmagasiner dans sa masse..... la force de projection produite par le battement d'ailes, pour en profiter ensuite et la dépenser sous forme d'élan ou de vitesse acquise. »

Le poids de l'insecte existe, il est important à considérer ; nous devons donc en tenir compte dans nos raisonnements. Or on vient de voir qu'en admettant, ainsi que le fait M. Marey, comme conditions uniques et suffisantes du vol, que l'élévation et l'abaissement successifs de l'aile et l'incurvation de son bord flexible par la résistance de l'air, on n'arrive encore, même en faisant jouer un rôle au poids pour conserver la vitesse acquise, qu'à la progression, au vol horizontal.

Que faut-il donc pour le vol ascendant, pour qu'un hanneton, par exemple, qui part du sol en ronflant, s'élève

[1] Première note, op. cit., p. 20.

[2] Op. cit., p. 294.

presque verticalement vers la cime des tilleuls et des marronniers d'Inde, ainsi que nous le voyons tous les ans par les belles soirées de mai ? Que fait le bourdon (*Bombus*) qui vole verticalement le long des haies et des talus exposés au soleil ?

C'est encore Straus qui va nous mettre partiellement sur la voie : il s'exprime ainsi : « Quant aux directions obliques dans un sens vertical, elles sont en partie produites par une plus grande vitesse dans les abaissements ou dans les élévations des ailes..... [1]. »

La résistance de l'air croissant comme le carré de la vitesse du corps qui le frappe, il est parfaitement évident que, si l'insecte abaisse plus rapidement l'aile qu'il ne la relève, la composante effective dirigée vers le haut à laquelle cette résistance donne lieu, deviendra prépondérante, et que l'animal y trouvera un point d'appui suffisant pour s'élever.

La condition ci-dessus sera satisfaite si les muscles abaisseurs des ailes sont notablement plus puissants que les muscles élévateurs : or, c'est ce qui existe toujours suivant les figures que Chabrier et Straus donnent des muscles moteurs des organes du vol chez le hanneton ; les muscles abaisseurs [2] sont non-seulement très-grands, mais ce sont les plus volumineux de tous ceux du corps de l'insecte. Les élévateurs [3], au contraire, sont d'une taille bien moins considérable et servent moins exclusivement au déplacement des ailes, puisqu'ils sont en même temps fléchisseurs des hanches des pattes postérieures [4].

[1] Op. cit., p. 213.

[2] Élévateurs du clypeus. Str.

[3] Abaisseurs du clypeus. Str.

[4] Straus, op. cit., pl. III, fig. 5, *x*, et pl. IV, fig. 1, *l*, *m*, *p*.

Une disposition absolument semblable a été décrite et figurée par Chabrier chez les diptères, dont le vol est généralement si soutenu [1].

On pourrait objecter que les muscles moteurs des ailes n'ont point toujours ni la même forme ni les mêmes points d'attache : mais cette objection n'a pas de valeur ; car, si l'on examine le système musculaire dans des groupes, comme celui des libellulines, où il s'éloigne du type général, on trouve encore, ainsi que l'a montré Chabrier pour l'*Aeschne grandis*, par exemple [2], que les muscles abaisseurs des ailes qu'il nomme pectoraux antérieurs sont les plus robustes de tous.

Les citations précédentes me semblent suffire complètement pour appuyer cette partie de la théorie du vol. Nous pouvons donc admettre ce point important que l'aile s'abaisse plus énergiquement qu'elle ne s'élève, d'où doit résulter évidemment une certaine force ascensionnelle.

Mais, est-ce là tout ? Certains insectes, ceux qui sont les plus lourds et dont les ailes sont relativement les moins développées, comme les coléoptères, n'offrent-ils pas, dans la structure même de leurs organes du vol, des particularités qui leur sont d'un grand secours ?

Afin d'être mieux compris, je ferai une courte excursion en dehors du domaine de l'entomologie. Tout le monde connaît la composition de la patte palmée du cygne et du canard parmi les oiseaux, du Terre-neuve, parmi les mammifères, et de la grenouille, parmi les batraciens. Lorsque ces animaux appuient sur l'eau pour se

[1] Annales des Sciences natur., 1re série, 1829, tome XV, p. 499, pl. XVIII, fig. 1 et 2.

[2] Ibid., p. 504, pl. XVIII.

donner une impulsion en avant, la résistance du liquide écarte les doigts, et la surface de l'organe propulseur augmente. Lorsque, au contraire, ils ramènent le membre en avant, cette même résistance de l'eau rapproche les doigts et ferme la patte comme un éventail, de sorte que l'impulsion en arrière devient si petite qu'elle peut presque être négligée.

Une disposition non pas semblable, mais comparable à la précédente, existe dans les ailes membraneuses de presque tous les coléoptères. On sait que les ailes de ces insectes sont repliées au repos, sous les élytres; ce reploiement, quoique se faisant de plusieurs manières différentes, a lieu cependant par un mécanisme très-simple et dont on peut, jusqu'à un certain point, donner une description générale.

Si nous faisons abstraction de tous les détails inutiles à notre sujet, nous pouvons ne considérer dans l'aile d'un coléoptère que deux nervures: l'une qui longe le bord antérieur ou externe de l'aile, la côte des entomologistes (c'est la réunion des nervures costales et sous-costales, *radius* et *cubitus* de Jurine); l'autre qui, partant de la base de l'aile, se dirige obliquement vers le bord postérieur (c'est la nervure médiane, *externomédiaire* de quelques auteurs).

Vers le milieu de la longueur du bord antérieur, chez la majeure partie des espèces, très-près du sommet, comme chez les cantharides, ou très-près de la base, comme chez les nitidules, la côte se termine brusquement par un empâtement solide (le carpe de Jurine, le stigmate et le *nodus* de quelques auteurs, l'articulation de l'aile pour Straus). De cet empâtement naît en général une petite branche récurrente dirigée vers la base de

l'aile. La nervure médiane se termine en regard de l'empâtement décrit ci-dessus, elle fournit là aussi une branche récurrente dirigée vers la base.

La surface de l'aile se trouve divisée ainsi en trois portions : la première, triangulaire, a son sommet à l'articulation de l'aile avec le thorax, ses côtés sont : la côte, la nervure médiane et une ligne fictive, formant la base, tirée de l'empâtement de la côte à l'extrémité de la nervure médiane. La seconde est aussi un triangle opposé par la base au premier et qui a son sommet à l'extrémité même de l'aile. La troisième, plus irrégulière, est comprise entre la nervure médiane et le bord interne ou postérieur de l'aile.

Considérons le premier espace triangulaire : dans la disposition la plus simple, il offre, en son milieu, un pli partant du sommet du triangle, c'est-à-dire de la base de l'aile, et dont le dos est constitué par la nervure récurrente de la médiane. Ce pli est saillant à la face inférieure de l'aile et offre son creux à la face supérieure ; presque entièrement effacé lorsque l'aile est étalée, on conçoit fort bien qu'il va devenir très-net et se fermer si la nervure médiane se rapproche de la côte.

La deuxième portion de l'aile, comprise entre la première et l'extrémité, se replie, au repos, sous la première, mais d'une façon toute spéciale : comme elle se trouve divisée aussi dans sa longueur, par un pli principal qui part du sommet (extrémité de l'aile) et dont l'arête est aussi à la face inférieure. Le rapprochement des deux nervures (la côte et la médiane) a pour résultat de plier à la fois, dans la longueur, non-seulement le premier espace triangulaire, mais aussi le second.

Le second, réduit ainsi à la moitié de sa surface, se

reploie, comme je viens de le dire, sous le premier. Il serait trop long de décrire ici pourquoi et comment se fait ce mouvement qui n'est déterminé par l'intervention d'aucun muscle dans l'aile même ; il suffit de prendre une aile fraîche de coléoptère pour voir que, par suite de la disposition des nervures récurrentes et des nervures accessoires, la seule action de rapprocher la nervure médiane de la côte, détermine ce que j'appellerai la fermeture de toutes les portions de l'aile examinées jusqu'à présent.

Enfin, pour terminer, une partie de la troisième portion de l'aile, celle que les entomologistes ont nommée l'angle anal, se replie au-dessous de l'ensemble des deux premières. Complétement ployée, une aile de coléoptère peut ne plus avoir que le tiers de sa surface réelle.

J'écris pour les naturalistes et j'espère que cette description rapide, inutile pour les entomologistes proprement dits, suffira pour faire comprendre ce qui me reste encore à exposer.

Il peut paraître évident *à priori* que, dans le vol des coléoptères, lorsque l'insecte relève l'aile, la résistance de l'air, par rapport à la face supérieure, agissant dans le creux des plis des deux portions triangulaires, va tendre à rapprocher les bords de ces plis, par suite, la nervure médiane de la côte. La nervure médiane se rapprochant réellement de la côte, l'extrémité de l'aile va se replier plus ou moins sous le reste, et l'on comprend que la résistance de l'air contre cette extrémité aide encore à l'effet.

De plus, la résistance de l'air s'exerçant aussi sur l'angle anal, va le replier dans le seul sens où il peut l'être, c'est-à-dire en dessous. D'où l'on déduit théoriquement et d'une façon générale que, lorsque l'aile s'élève, elle diminue de surface.

Quand l'aile s'abaisse, au contraire, l'effet doit être absolument inverse : l'air agissant sur le dos des plis, s'insinuant entre les portions terminales et anales et le reste de la surface contre laquelle elles ne sont appliquées qu'en partie, va étaler tout l'appareil et augmenter notablement ses dimensions.

L'étendue de l'aile étant moindre quand elle s'élève que lorsqu'elle s'abaisse, il en résultera encore une prépondérance considérable de la composante effective dirigée de bas en haut, et la possibilité du vol ascendant se trouve ainsi à peu près complétement expliquée, du moins chez les coléoptères. Mais les considérations qui précèdent sont purement théoriques ; il était nécessaire de les vérifier par des expériences que je vais exposer dans la deuxième partie de ce travail.

§ III. — *Expériences.*

Les expériences n'étaient possibles que sur les ailes de coléoptères d'une taille un peu considérable, et appartenant à des espèces assez communes pour pouvoir répéter les essais un grand nombre de fois.

Les coléoptères dont je me suis servi sont le hanneton commun et l'*Oryctes nasicornis*. Chaque insecte était toujours tué par la vapeur d'éther, immédiatement avant de procéder. On lui enlevait les ailes membraneuses en laissant adhérente à chacune une portion de la région latérale et dorsale du métathorax.

Les ailes étaient donc toujours fraîches : comme durant les expériences elles tendaient à se déssécher, on les humectait de temps en temps avec un peu d'eau et on les essuyait avec précaution.

On constate immédiatement, sur une aile intacte et re-

pliée, que la seule action d'écarter la nervure médiane de la côte détermine l'étalement de tout l'organe. Ces préliminaires étant posés, je passe à la description de l'appareil très-simple que j'ai employé.

Un support vertical en cuivre porte deux poulies de diamètres très-différents, mobiles chacune autour d'un axe horizontal ; la plus petite est placée au sommet de l'instrument ; la plus grande, dont l'axe est situé à 17 centimètres plus bas, peut être mise en mouvement par une manivelle. Un cordon sans fin passe à la fois sur les deux poulies. La petite poulie fait douze tours lorsque la grande en exécute un : comme il est très-facile d'imprimer, à l'aide de la main, une vitesse de deux tours par seconde à cette dernière, il en résulte que la vitesse moyenne de la poulie supérieure sera de vingt-quatre tours par seconde, mais pourra devenir, au besoin, plus considérable.

L'axe de la petite poulie fait saillie d'un centimètre en avant de l'instrument et est taillé en vis. Sur cette portion saillante se trouve vissé un petit cylindre de liége d'un centimètre de diamètre, et qui participe, par conséquent, au mouvement rapide de rotation qu'on peut imprimer à l'axe auquel il est fixé. Enfin le long du support vertical de l'appareil, à partir de l'axe de la poulie supérieure, est placée une échelle graduée dont les divisions sont distantes de deux millimètres.

1er genre d'expériences.

Une aile très-fraîche de hanneton, détachée avec un lambeau assez grand du métathorax, est fixée suivant le prolongement d'un rayon sur le cylindre de liége de la poulie supérieure. Pour cela, on implante quelques

pointes d'épingles dans le morceau des téguments emporté avec l'aile, celle-ci se trouve donc attachée sur le cylindre tournant comme sur le corps de l'insecte et ses nervures ont la même liberté de mouvement.

Dans ces circonstances, si on fait tourner la grande poulie de l'appareil, l'aile prend un mouvement rapide de rotation dans un plan vertical, et si elle est vivement éclairée par devant, tandis qu'un fond d'étoffe noire se trouve derrière, la persistance des impressions lui fera produire l'apparence d'un cercle gris dont le diamètre, qu'on peut évaluer à l'aide de l'échelle dont j'ai parlé plus haut, indiquera la longueur de l'aile pendant la rotation.

On remarquera immédiatement que dans cette manière de procéder la force centrifuge doit jouer un rôle comme elle en joue certainement un également dans le vol naturel. J'examinerai l'influence de cette force chaque fois que la nature du phénomène le demande.

Voici le résultat de mes observations pour le premier genre d'expériences :

L'aile détachée, à *l'état fermé ou reployé*, est laissée dans cet état lors de son installation sur l'instrument. On la fixe, par le lambeau cutané, de façon que son plan fasse, comme chez l'animal vivant, un angle d'environ 45° avec le plan de rotation. L'observateur regarde l'appareil de face.

1° On fait tourner l'aile de manière à ce qu'elle frappe l'air obliquement par la côte (le bord antérieur) et par sa face supérieure. Elle reste pliée, ainsi que l'indique le petit diamètre du disque gris dû à la persistance des impressions. La force centrifuge développée n'a ici aucune action effective, puisqu'elle est appliquée à l'empâtement

de la côte, c'est-à-dire au sommet du pli formé par le ploiement l'une sur l'autre des deux moitiés de l'organe du vol.

2° On fait tourner la même aile en sens inverse de façon qu'elle frappe alors l'air obliquement, et par son bord membraneux postérieur et par sa face inférieure ; le diamètre du disque lumineux indique qu'elle s'ouvre ou se déplie à peu près complétement ; elle reste en grande partie dépliée lorsqu'on arrête le mouvement.

Dans ce cas, l'air agissant sur le pli situé entre la côte et la nervure médiane l'a effacé et a écarté ces deux nervures ; l'aile s'est dépliée partiellement. L'air s'engouffrant ensuite entre les deux moitiés de l'organe maintenues écartées, tend à les amener dans le même plan ; enfin la force centrifuge étant appliquée maintenant au sommet véritable ou à l'extrémité de l'aile, toutes ces actions s'ajoutent pour amener un déploiement complet. On replie l'aile et l'on recommence plusieurs fois dans un sens et dans l'autre ; toujours même résultat.

3° Une aile fraîche, dans les mêmes conditions que la précédente, est installée sur le cylindre de liége de manière que son plan soit perpendiculaire au plan de rotation. Quand elle tourne, en frappant l'air par sa face dorsale ou supérieure, elle reste fermée ; quand elle frappe l'air par sa face inférieure, elle s'ouvre en partie ; il faut augmenter de beaucoup la vitesse de rotation pour qu'elle s'ouvre autant que dans le cas qui précède.

Cette expérience montre qu'une plus grande vitesse est nécessaire pour ouvrir l'aile lorsqu'elle est dans un plan perpendiculaire à celui dans lequel elle se meut que lorsqu'elle est dans une position oblique par rapport à ce plan. J'ai déjà rappelé plus haut que la position oblique,

éminemment plus favorable, est effectivement celle qui a été adoptée par la Nature.

4° Une aile fraîche, préalablement *ouverte*, est fixée sur le cylindre de liége de façon à faire un angle avec le plan de rotation. Lorsqu'elle tourne, en frappant l'air par sa force inférieure, elle reste naturellement ouverte; mais lorsqu'elle marche en sens contraire, c'est-à-dire en agissant sur l'air par sa face supérieure, elle se ferme partiellement.

Je dis partiellement, parce que les rayons des cercles décrits ne diffèrent que de six millimètres environ, tandis que la différence devrait être de douze millimètres si l'aile se fermait tout à fait. C'est uniquement à la force centrifuge appliquée à l'extrémité de l'aile qu'il faut attribuer ce phénomène, car si l'on augmente quelque peu le poids de l'extrémité de l'organe, en y collant un carré de papier de deux millimètres de côté seulement, l'aile se reploie encore moins.

Je terminerai l'exposé des expériences du premier genre par la description de celles que j'ai faites sur des ailes d'*Oryctes nasicornis*; ces ailes ont exactement la même structure que celles du hanneton, mais elles sont plus grandes et à nervures plus robustes.

L'observateur regarde l'appareil de profil. L'aile fraîche d'*Oryctes* est fixée, comme à l'ordinaire, sur le cylindre de liége à l'aide de quelques pointes implantées dans un fragment du squelette cutané. Dans ces conditions, lorsque l'aile tourne, ce n'est plus un disque gris auquel la persistance des impressions donne lieu, mais on aperçoit en apparence, avec beaucoup de netteté, deux ailes immobiles et verticales, l'une au-dessus, l'autre renversée en dessous de l'axe.

1° L'aile *ployée* frappe obliquement l'air par sa face inférieure. Si l'on tourne d'abord modérément, puis de plus en plus vite, on voit les deux images de l'aile se déployer aussi de plus en plus à mesure que la vitesse augmente.

2° L'aile étant *étalée*, on tourne en sens inverse, de sorte qu'elle bat l'air obliquement par sa face dorsale. On voit les deux ailes apparentes se reployer d'autant plus sur elles-mêmes que la vitesse du mouvement est plus considérable.

2me genre d'expériences.

Expériences faites avec des ailes de hanneton en observant l'appareil de face.

Comme l'extrême mobilité de l'aile sur le lambeau du métathorax qui la fixe au cylindre de liége pourrait, à la rigueur, être considérée par le lecteur qui n'a pas vu les expériences, comme la cause des différences dans les rayons des disques produits par la persistance des impressions, lorsque l'aile tourne dans un sens puis dans l'autre, on s'arrange de manière à attacher solidement l'aile dans une position fixe, sans nuire aux mouvements relatifs de la nervure médiane par rapport à la côte.

Les nervures étant trop délicates pour fixer la côte par sa base seule, j'ai imaginé d'attacher la côte dans toute sa longueur à une fine épingle à insectes ne dépassant pas l'empâtement du bord antérieur (carpe). On ne pouvait, à cet effet, songer à employer de la gomme, puisqu'il aurait fallu la laisser sécher et que l'aile se serait desséchée en même temps. La cire à cacheter adhérait à l'épingle, mais non à la nervure ; il n'y avait donc plus qu'un seul moyen, c'était de lier, en deux points, la côte

à l'épingle à l'aide d'un fil très-fin. Ce mode d'attache, réussissant très-bien, est celui que j'ai mis en usage.

On implante l'épingle perpendiculairement sur l'axe de liége, et, pour empêcher l'aile de tourner autour de son support, on fixe, comme dans les cas antérieurs, le lambeau cutané adhérant à la base. L'aile fait, comme toujours, un angle avec le plan de rotation. Les expériences, exécutées avec ces précautions préalables, m'ont donné les mêmes résultats que toutes les précédentes. Il devait en être ainsi, et je ne les ai effectuées que pour être en mesure de répondre à certaines objections que je prévoyais d'avance.

On observe constamment, dans tous les cas que je viens de décrire, que, comme l'ont avancé plusieurs naturalistes et, en dernier lieu, M. Marey, le bord membraneux postérieur de l'aile reste toujours un peu en arrière de façon à faire tourner légèrement le plan de l'aile autour de sa position moyenne. Mais, ainsi qu'on vient de le voir, il y a bien d'autres détails dont il faut tenir compte.

Lors de la rotation de l'aile sur mon appareil, on ressent, en approchant le visage, un souffle produit par le déplacement de l'air. Or, si l'aile frappe l'air par sa face inférieure, le souffle perçu est beaucoup plus intense que dans le mouvement opposé, ce qui montre, une fois de plus, la différence qui existe dans l'étendue des surfaces.

§ IV. — *Conclusions.*

1° La différence de flexibilité entre les deux bords de l'aile ne suffit pas pour l'explication complète du vol.

2° L'aile fait un grand angle avec le plan dans lequel elle se meut.

3° Elle s'abaisse plus rapidement qu'elle ne s'élève.

4° Chez les Coléoptères, l'étendue de la surface de l'aile est plus grande dans le mouvement d'abaissement que dans le mouvement d'élévation.

Il y aurait encore à examiner dans le vol des Coléoptères l'influence des élytres, de leur forme et de leur manière de se comporter, car il y a des espèces, comme les cétoines, qui volent avec les élytres fermées; il y en a, comme la plupart des autres lamellicornes, qui les écartent, mais les tiennent immobiles: enfin, dans certains groupes à élytres molles, celles-ci battent l'air comme les ailes (*Telephorus*).

On pourrait étudier la position que la situation du centre de gravité donne au corps de l'animal, etc. Ce sont là des considérations fort intéressantes, mais dont le développement nous eût entraîné trop loin; je les aborderai, avec tous les détails nécessaires, dans un mémoire que j'espère publier d'ici à quelque temps.

SUR LA CAUSE

DES

PHÉNOMÈNES DE REFROIDISSEMENT

ET

D'ÉCHAUFFEMENT GALVANIQUES

DÉCOUVERTS PAR PELTIER

PAR

M. E. EDLUND [1]

(Lu à l'Académie des Sciences de Stockholm, le 14 avril 1869)

---

1. Quand un courant galvanique traverse un conducteur métallique, il y a production de chaleur, et la quantité de chaleur engendrée est proportionnelle à la résistance galvanique et au carré de l'intensité du courant. A cette règle générale font exception les points de contact de deux métaux hétérogènes. Peltier [2] a déjà montré, dans l'année 1834, que les points de soudure de deux métaux différents sont ou plus froids ou plus chauds que les autres parties du conducteur, selon que le courant traverse les points de soudure dans l'un ou l'autre sens. Parmi les métaux, il trouva que l'effet était le plus prononcé entre le bismuth et l'antimoine. Quand le courant passait du bismuth à l'antimoine au point de contact, il obtenait un abaissement de température, et dans le cas contraire une élévation de température. Ces expériences ont été confirmées par M. Moser [3]. Quelques années

[1] Traduit des Poggend. Annalen, CXXXVII, p. 474.

[2] Annales de Chimie et de Physique, tome LVI, p. 371.

[3] Repertorium der Physik, Band I, p. 349.

plus tard M. Lenz [1] leur donna une forme élégante, en montrant que l'on pouvait faire geler de l'eau au point de contact du bismuth et de l'antimoine en faisant passer un courant faible du premier dans le second, pendant qu'on les refroidissait tous deux dans un mélange de glace et d'eau.

En se fondant sur ses propres expériences, Peltier fut conduit à admettre que ces phénomènes de refroidissement et d'échauffement étaient en relation étroite avec le pouvoir conducteur des métaux pour l'électricité. Quand le courant passe d'un moins bon conducteur à un meilleur, il en résulte, selon lui, une plus grande élévation de température au point de soudure que dans la direction opposée. Toutefois M. E. Becquerel [1] a prouvé qu'il n'en est pas toujours ainsi et par conséquent que la conductibilité des métaux n'a pas d'importance à ce poit de vue. Il a fait quelques expériences spéciales en vue de s'assurer si au point de contact d'un métal à l'autre la résistance électrique dépendrait d'une façon quelconque de la direction du courant, en sorte que le courant serait, dans un cas, plus fort, dans l'autre cas, plus faible que dans les autres parties du conducteur. Les résultats ont été négatifs : les différences observées dans la résistance quand le courant passait dans un sens ou dans l'autre, ne dépassaient pas celles auxquelles on pouvait s'attendre que donneraient lieu les variations de température des points de contact. Ces expériences n'ont donc point démontr que les phénomènes de refroidissement et d'échauffement découverts par Peltier dépendent en quoi que ce soit de la conductibilité électrique. Il est d'ailleurs évi-

[1] Poggend. Annalen, Band XLIV, p. 342.

[2] Annales de Chimie et de Phys., 3me série, tome XX, p. 55 (1847).

dent que, si la résistance électrique était réellement différente, selon la direction dans laquelle le courant traverse les points de contact, il s'en suivrait nécessairement que les échauffements seraient plus grands ou plus faibles selon la direction du courant ; mais il ne pourrait en résulter aucun refroidissement ou absorption de chaleur. Cependant M. Becquerel pensait que ces expériences indiquaient une autre connexion entre les phénomènes sus-nommés et les propriétés déjà connues de l'électricité. Il trouva en effet que, lorsque le courant galvanique qui traverse le point de contact a la même direction que le courant thermo-électrique qui serait engendré par l'échauffement de ce point de contact, il en résulte un abaissement de température à cet endroit, et qu'on obtient une élévation de température quand le courant se dirige dans le sens opposé. D'après cela ces phénomènes se relieraient aux propriétés thermo-électriques des corps. Avant d'admettre l'exactitude de cette conclusion, quelles que soient les circonstances, il sera convenable d'étudier à ce point de vue un plus grand nombre de métaux et d'alliages.

M. G. v. Quintus-Icilius [1], qui a examiné avec un grand soin les relations quantitatives de ces phénomènes, a trouvé que la différence de température produite par le courant entre les points de soudure d'une pile thermo-électrique de bismuth et antimoine, est proportionnelle à l'intensité du courant. Ces phénomènes sont donc soumis à une loi toute différente de celle qui régit les effets thermiques ordinaires du courant galvanique, puisqu'ils sont proportionnels à l'intensité du courant, tandis que ces derniers sont proportionnels au carré de l'intensité. L'exactitude

[1] Poggend. Annalen, Band LXXXIX, p. 377.

de ce résultat a été constatée par M. Frankenheim [1] qui a suivi une voie toute différente dans ses expériences. On peut donc considérer comme parfaitement démontré que les variations de température en question sont proportionnelles à l'intensité du courant qui les produit.

Il est en soi très-remarquable que, dans certaines circonstances, le courant galvanique puisse déterminer une absorption de chaleur, son effet ordinaire étant de produire de la chaleur. Il m'a semblé qu'il y aurait quelque intérêt à rechercher la cause de cette anomalie. On peut, en effet, comme on le verra plus loin, déduire les phénomènes de refroidissement et d'échauffement de Peltier de la notion de la force électromotrice. L'existence de cette dernière peut être démontrée comme absolument nécessaire, de sorte qu'elle aurait pu être découverte par le raisonnement *à priori* si elle n'eût été déjà connue par des expériences pratiques. La déduction repose sur les principes généraux qui ont été indroduits dans la science par la théorie mécanique de la chaleur.

Une force électromotrice, pas plus que les autres forces de la nature, ne peut *de rien* produire un travail mécanique. L'aphorisme bien connu « rien ne se fait de rien » trouve partout une confirmation. Les forces électromotrices ne sont que des forces de transformation, qui convertissent une forme de mouvement en une autre forme, et cela de telle façon que la forme de mouvement qui a été transformée possède la même valeur mécanique que celle à laquelle elle a donné naissance. Elles sont l'une à l'égard de l'autre des équivalents mécaniques. Quand on approche un conducteur fermé d'un courant galvanique, ou quand on l'en éloigne, il s'y produit des courants d'in-

[1] Poggend. Annalen, Band XCI p. 161.

duction, et le rapprochement ou l'éloignement exige un certain travail. Ce travail est converti par la force d'induction en électricité engendrant elle-même une quantité de chaleur qui est l'équivalent mécanique du travail consommé, ainsi que je l'ai montré dans un mémoire antérieur[1]. Quand on chauffe l'une des soudures d'un anneau formé de deux métaux différents, il se produit un courant thermo-électrique qui engendre à son tour de la chaleur dans le circuit qu'il parcourt. Mais cette chaleur dans le conducteur ne peut pas être produite de rien. La théorie mécanique de la chaleur exige qu'une quantité égale de chaleur disparaisse au point de contact chauffé, ou plus exactement soit transformée en électricité. Quand la température est redevenue égale aux deux points de soudure, par conséquent lorsque le courant thermo-électrique a cessé de circuler, il s'est développé autant de chaleur dans le circuit qu'il y en a eu de transformée en électricité au point de contact. Le courant thermo-électrique n'a donc en fait ni produit ni consommé de travail mécanique. Quand on réunit par un conducteur métallique les pôles d'un électromoteur, d'une pile galvanique, par exemple, dans laquelle il se forme des combinaisons chimiques sous l'influence du courant, la quantité de chaleur produite est proportionnelle au carré de l'intensité du courant, ainsi qu'à la résistance totale de la pile et du conducteur qui reunit les pôles. Mais conformément à la théorie mécanique de la chaleur, une quantité égale de chaleur doit disparaître dans l'électromoteur ou bien être convertie en électricité. Si l'on désigne par a la chaleur développée par les combinaisons chimiques, par b celle qui

[1] Œfversigt af Vet. Akad. Förhandlingar, 1864, p. 77. — *Archives*, 1865, tome XXIV, p. 324.

est produite dans l'électromoteur sous l'influence du courant et par c celle qui se produit de la même manière dans le conducteur entre les pôles, la quantité de chaleur engendrée ainsi dans l'électromoteur sera égale à $(a+b) - (b+c) = a - c$. La quantité totale de chaleur qu'on obtient dans l'électromoteur et dans le conducteur entre les pôles, est par conséquent égale à celle que produiraient les mêmes combinaisons chimiques sans le concours d'un courant électrique. Le courant en lui-même n'a donc engendré aucune chaleur et n'en a point consommé; la chaleur qui a été nécessaire à la production du courant est égale à celle qu'il développe par son passage à travers le conducteur. Le rôle du courant se borne à transporter la chaleur de l'électromoteur dans le conducteur réunissant les pôles, sans gain ni perte de chaleur. M. Favre[1] a démontré expérimentalement la parfaite exactitude de cette conclusion. Ce physicien distingué a prouvé en effet que la chaleur mise en liberté par un élément galvanique, dont les pôles sont réunis par un conducteur opposant une résistance plus ou moins grande, est rigoureusement égale à la quantité de chaleur que les opérations chimiques qui ont lieu dans la pile auraient dégagées, s'il n'y avait pas eu production de courant. La chaleur qu'on obtient dans le conducteur entre les pôles, ajoutée à celle qui est engendrée dans la pile même, constitue, par conséquent, une somme de chaleur égale à celle qui résulte des opérations chimiques qui se sont effectuées. Le courant par lui-même n'a ni augmenté ni diminué cette quantité de chaleur. Dans un courant thermo-électrique qui n'est accompagné d'aucune action chimique, il faut donc, comme on l'a fait observer plus haut, que la somme

[1] Annales de Chimie et de Phys., 3me série, tome XL, p. 293.

de chaleur engendrée soit égale à zéro. Je vais maintenant appliquer ces principes aux phénomènes de refroidissement et d'échauffement découverts par Peltier.

2. Supposons un électromoteur, d'une nature quelconque, dont les pôles soient réunis par un conducteur. Si e représente la force électromotrice, et l la résistance totale dans l'électromoteur et dans le conducteur, on a pour la quantité totale de chaleur dégagée par le courant : $\frac{e^2}{l^2} l = e \frac{e}{l} = es$ en réprésentant l'intensité du courant par s. Mais, d'après ce que nous avons vu plus haut, une quantité égale de chaleur doit disparaître dans l'électromoteur, ou bien être convertie en électricité. Il en résulte par conséquent une absorption de chaleur, qui est proportionnelle à la force électromotrice multipliée par l'intensité du courant. Si l'on opère avec deux électromoteurs dont les forces électromotrices sont e et e' et qui agissent dans le même sens, la chaleur totale développée par le courant sera représentée par $\frac{(e+e')l_,}{l_,^2} = (e+e')s_,$ $s_,$ et $l_,$ représentant l'intensité du courant et la résistance totale. Cette quantité de chaleur doit donc être absorbée par les deux électromoteurs réunis. Il s'en suit que dans chaque électromoteur se produit une absorption de chaleur qui est proportionnelle à l'intensité du courant, laquelle est la même pour chacun d'eux, multipliée par la force électromotrice. Le résultat serait le même avec un plus grand nombre d'électromoteurs, pourvu qu'ils agissent dans la même direction.

Quand les forces électromotrices agissent en sens contraire, et que e est plus grande que e', on obtient un courant dans le sens de la première force. Dans ce cas, la

quantité totale de chaleur développée par le courant est égal à $(e - e')\,s_{,,}$, en désignant par $s_{,,}$ l'intensité du courant. La même quantité de chaleur doit disparaître dans les deux électromoteurs. Mais le premier absorbe une quantité de chaleur $es_{,,}$, qui est plus considérable que celle engendrée par le courant. La différence entre les deux, ou $e's_{,,}$ doit, par conséquent, être *produite* dans l'autre électromoteur, de sorte que la somme algébrique de la chaleur qui se développe et celle qui disparaît peut être réduite à zéro. Il en résulte que lorsqu'un courant traverse un électromoteur dans le sens opposé au courant qu'il produit, l'électromoteur donne naissance à une production de chaleur qui est proportionnelle au produit de la force électromotrice par l'intensité du courant. La conclusion finale est donc que : *quand un courant galvanique traverse un électromoteur dans le même sens que le courant engendré par l'électromoteur, il en résulte une absorption de chaleur; quand le courant passe au contraire dans le sens opposé, il en résulte une production de chaleur; la quantité de chaleur, absorbée dans le premier cas et dégagée dans le second, est proportionnelle à l'intensité du courant qui a traversé, multipliée par la force électromotrice à l'endroit où la transformation de chaleur s'effectue.*

Quand on met en contact deux métaux hetérogènes, il se produit une force électromotrice au point de contact. Un courant galvanique vient-il à traverser ce point de contact, il doit s'y produire ou une absorption ou un développement de chaleur. Nous sommes conduits ainsi à la cause des phénomènes signalés par Peltier. Les quantités de chaleur absorbée dans un cas et dégagée dans l'autre sont proportionnelles au produit de l'intensité du courant par la force électromotrice. Si donc, on fait

des expériences avec les deux mêmes métaux en employant des intensités de courant différentes, il faut que les différences de température que l'on obtient soient proportionnelles aux intensités du courant, ainsi que les observations l'ont déjà prouvé. Si, au contraire, en conservant la même intensité du courant, on opère sur des métaux différents, il faut que ces mêmes quantités de chaleur soient proportionnelles aux forces électromotrices. Si on déterminait ces quantités de chaleur par des expériences, on pourrait établir le véritable rang des métaux dans la série électromotrice. Mais cette série sera très-différente de celle qu'on obtient quand on range les métaux d'après les différences de températures que l'on a trouvées, parce que ces différences ne dépendent pas seulement des quantités de chaleur absorbée et dégagée, mais aussi de la capacité des métaux pour la chaleur, du plus ou moins grand refroidissement qu'ils éprouvent pendant l'expérience et d'autres causes. Tous les observateurs qui se sont occupés de ce sujet ont trouvé que la différence de température est la plus grande au contact du bismuth et de l'antimoine ; mais cela ne prouve en aucune façon que le contact de ces deux métaux produise la force électromotrique la plus grande. Comme il a été dit, la différence de température doit essentiellement dépendre de la capacité pour la chaleur. Si l'on compare les capacités de chaleur des métaux sur lesquels Peltier a opéré, on trouve que de tous ces métaux, c'est le bismuth qui possède la plus faible capacité de chaleur et que l'antimoine vient immédiatement après. Il en résulte que le passage du courant, au contact de ces deux métaux, doit produire relativement de grandes différences de température, sans que cela dénote qu'ils possèdent une grande force électromotrice.

A priori il ne me semble pas sûr que la série des métaux rangés d'après les quantités de chaleur qui sont absorbées ou dégagées par le passage d'un courant galvanique au point de contact, soit la même que celle qu'on obtient en les rangeant selon la tension électrique produite par le contact. On pourrait supposer que la force du courant que peut produire le contact, ne dépend pas seulement de la tension que l'électricité peut atteindre quand les métaux isolés sont mis en contact, mais aussi du temps nécessaire pour acquérir cette tension. Bien que ce temps soit certainement très-court, il peut sans doute être comparé à celui qu'exige le courant pour passer d'un pôle à l'autre. S'il en est réellement ainsi, il est impossible, sans autre preuve, de considérer comme étant la vraie, la série ordinaire de tension dans le cas où il se produit réellement un courant. Quoi qu'il en soit, nous devons attendre de nouveaux éclaircissements que nous n'obtiendrons que par de nouvelles expériences dirigées dans le but de déterminer d'une manière parfaitement rigoureuse les quantités de chaleur absorbées et dégagées. Les phénomènes de Peltier acquièrent ainsi un intérêt très-grand et inattendu. Si le temps et les circonstances me le permettent, j'espère entreprendre bientôt moi-même la détermination de ces quantités de chaleur.

RAPPORT

FAIT A LA SESSION DE 1869

DE LA

SOCIÉTÉ HELVÉTIQUE DES SCIENCES NATURELLES

SUR

L'ÉTAT DE LA QUESTION RELATIVE AUX LIMITES DE LA PÉRIODE JURASSIQUE ET DE LA PÉRIODE CRÉTACÉE

PAR

F.-J. PICTET

Jusqu'à ces dernières années, tous les géologues ont accepté les limites du terrain crétacé et du terrain jurassique telles qu'elles ont été établies pour les dépôts de l'Angleterre et de la France septentrionale. Personne n'osait supposer que les choses aient pu se passer autrement que dans le bassin anglo-français. On s'était habitué à admettre que les étages kimméridgien et portlandien forment partout la limite supérieure de la période jurassique, et l'étage néocomien (en y comprenant le valangien) la limite inférieure de la période crétacée, ces limites étant sur quelques points rendues plus sensibles encore par l'existence de dépôts d'eau douce intermédiaires (Wealdien).

De nouvelles découvertes et de nouveaux travaux viennent de jeter du doute sur cette uniformité, et la question dans son ensemble, née presque à la fois en Allemagne et en France, a pris une importance et un développement qui me paraissent devoir attirer l'attention de la Société. J'ai donc cru pouvoir rendre service à quelques-uns de

nos collègues en résumant aussi brièvement que cela me sera possible des discussions nombreuses, éparses aujourd'hui dans plusieurs journaux et qu'il n'est pas toujours facile de coordonner.

Le premier travail, à ma connaissance, qui ait mis directement en question les limites des périodes jurassique et crétacée est un mémoire d'Oppel[1] ayant pour but de montrer qu'il existe entre les étages jurassiques considérés comme les plus supérieurs, et l'étage crétacé inférieur, des couches puissantes caractérisées par une faune très-riche. Ces dépôts avaient, il est vrai, été entrevus par plusieurs géologues, et en particulier en Suisse par MM. Studer, Brunner, Fischer-Ooster; en Allemagne, par MM. Suess, de Hauer, Peters, etc., mais Oppel, par une comparaison étendue des faits, leur a donné une importance toute nouvelle. Il a groupé tout cet ensemble sous le nom d'*étage tithonique* en le limitant en bas par l'étage kimméridgien sur lequel il repose souvent, et en haut par l'étage néocomien. Il était porté à le considérer comme le terme supérieur de la série jurassique. Nous n'avons pas à discuter ici la valeur de ce nom nouveau, qui nous paraît correspondre à un ensemble un peu trop vaste[2]. L'auteur annonçait du reste lui-même l'étage tithonique comme constituant une association provisoire, destinée à être plus tard subdivisée. Considéré dans son ensemble et

[1] Die titonische Etage, dans Zeitschrift der Deutsch. geol. Ges., 1865. Traduit et abrégé par M. de Loriol, Bibl. Univ. (Archives), janvier 1866.

[2] M. Benecke et M. Zittel ont déjà proposé d'en exclure un certain nombre de couches locales, telles que celles de Solenhofen, etc.

d'une manière un peu vague, il correspond à une idée juste qui a fait faire un pas certain à la science. Appliquant ces données au cas spécial des calcaires de la Porte-de-France, dont nous nous occuperons plus loin, Oppel a eu le premier l'idée de rajeunir ces couches, en les remontant dans la série chronologique des terrains.

Pendant qu'Oppel cherchait ainsi à relever le terme supérieur de la série jurassique, M. Hébert, abordant une autre face de la question, tendait à faire descendre le terme inférieur de la série crétacée. Depuis quelques années déjà le savant professeur de la Sorbonne avait remarqué que, sous l'assise désignée par M. Lory par le nom de *marnes néocomiennes inférieures*, qui passait pour la couche néocomienne la plus ancienne, se trouvent des calcaires ayant l'apparence lithologique des roches jurassiques sous-jacentes, et renfermant cependant des fossiles néocomiens (*Ammonites macilentus*, etc.). Notre collègue, le professeur Studer, a accompagné en 1861 M. Hébert dans le voyage qui a eu pour résultat principal de montrer l'existence de ce nouveau terme dans la série crétacée. Cette découverte a eu, dans l'origine, peu de publicité, sauf celle que lui donnaient des communications larges et familières faites, dans le laboratoire de la Sorbonne, à tous les géologues et les paléontologistes qui visitaient ces collections intéressantes.

J'en ai eu connaissance moi-même par des conversations avec M. Hébert et après avoir souvent insisté auprès de lui pour qu'il voulut bien donner une publicité réelle à ces faits, j'ai obtenu, pour la Bibliothèque universelle, une notice[1] qui a été la base première des dis-

[1] Hébert, Sur les limites de la période jurassique et de la période crétacée, et spécialement sur les calcaires à *Terebratula diphya*. Bibl.

cussions auxquelles j'ai pris part, et qui ont occupé à diverses reprises la Société géologique de France.

Cette notice a pour but principal d'établir en premier lieu l'existence des calcaires inférieurs dont nous avons parlé plus haut, qui font remonter l'origine de la période crétacée à une époque plus ancienne qu'on ne le pensait. Puis, passant à l'étude des calcaires de la Porte-de-France dont la coupe était bien connue par les excellents travaux de M. Lory, M. Hébert, par des considérations exclusivement paléontologiques, conclut en attribuant ces calcaires à la période néocomienne et non à l'étage oxfordien comme on le faisait généralement.

Notre savant ami base ses conclusions sur l'étude de fossiles communiqués par M. Lory et par M. Chaper, et cite, comme un caractère important de ces couches, la *Terebratula diphya* qui, suivant lui, est incontestablement néocomienne et ne forme qu'une seule espèce ; car, dit-il, l'examen le plus attentif ne permet pas de constater entre elle et la *diphyoides* le moindre caractère spécifique constant [1].

Cette opinion toute nouvelle et hardie sur l'âge des calcaires à *Terebratula diphya* de la Porte-de-France, fut reçue avec quelque étonnement et devint immédiatement le sujet de discussions. Je dois expliquer en quelques mots comment j'ai été amené à m'y mêler. Je reçus un

Univ. (Archives), août 1866. Une note analogue a été publiée en 1867 dans les Comptes rendus, tome LXIV, p. 1053 ; elle a été complétée par une *deuxième note* dans le Bulletin de la Soc. géol. 1867, t. XXIV, p. 389.

[1] Dans ses travaux suivants, M. Hébert a été moins affirmatif, et si je répète ici sa première assertion, fort adoucie depuis, c'est uniquement pour expliquer la nécessité d'une monographie des Térébratules du groupe de la *diphya*.

jour la visite du frère Euthyme qui m'apporta une série de fossiles de Berrias, dans lesquels je ne tardai pas à reconnaitre une faune à caractères néocomiens, mais composée d'espèces pour la plupart inconnues. Le frère Euthyme eut la complaisance de m'accompagner dans le département de l'Ardèche et là, grâce au concours des autorités de Privas et aux recherches faites à Berrias même sous les auspices de M. de Malbos, j'ai pu publier une monographie du calcaire à *Ter. diphyoides* de Berrias[1] et ajouter ainsi à la première découverte de M. Hébert la description d'une faune néocomienne plus ancienne que toutes celles qui étaient alors connues.

Il était nécessaire, à côté de cela, de mieux connaître les térébratules du groupe de la *diphya*[2] puisqu'on en tirait des arguments, à mon sens erronés, pour justifier des associations exagérées. J'ai distingué plusieurs espèces dont les caractères sont, à mon avis, d'une parfaite clarté, et j'ai montré que ces espèces, tout en étant peu éloignées sous le point de vue de leur âge, peuvent servir à caractériser certaines couches distinctes.

Ces deux études préparatoires étant faites, je me suis occupé aussi des calcaires de la Porte-de-France et j'ai résumé mon opinion à peu près comme suit[3], en prenant pour base, comme M. Hébert, les travaux classiques de M. Lory.

La coupe de Grenoble et d'Aizy est composée de trois étages principaux.

[1] Mélanges paléontologiques, 2me livraison (tome I, p. 41).

[2] Idem, 3me livraison (tome I, p. 133).

[3] Idem, 4me livraison (tome I, p. 205). Voyez encore : Nouveaux documents sur les limites de la période crétacée, etc. Bibl. Univ. (Archives), juin 1867, et Notice sur les calcaires de la Porte-de-France, idem, octobre 1867.

Le bas est occupé par une faune jurassique, analogue par ses fossiles aux couches de Baden en Argovie, ou à la faune à *Ammonites tenuilobatus*. Cette faune qui a souvent en Allemagne les mêmes rapports géologiques avec le calcaire de Stramberg, est considérée par M. Hébert comme oxfordienne, et par MM. Benecke, Zittel, etc., comme kimméridgienne [1].

Au-dessus et dès l'apparition de la *Terebratula janitor* (jadis confondue avec la *diphya*) se trouve un calcaire qui rappelle tout à fait par ses fossiles le calcaire de Stramberg et qui en est incontestablement le contemporain. A ce calcaire est associée, à Aizy, une brèche corallienne qui paraît contenir un mélange d'espèces jurassiques et d'espèces crétacées.

Le haut de la coupe (marnes à ciment) est formé de couches identiques au calcaire de Berrias.

Maintenant où est la limite entre les deux périodes? c'est ce qui restait à établir. J'ai supposé une ligne A entre la première formation et la seconde, et une ligne B moins importante entre la seconde et la troisième. J'ai montré que la limite était peut-être sur la ligne A, moins probablement sur la ligne B et peut-être encore entre les deux. M. Hébert accepte la ligne A. Nous verrons plus loin les difficultés qui entourent la solution de cette question.

Ajoutons, si on veut comprendre les rapports de cette coupe avec nos faunes du Jura suisse, que le calcaire de

[1] J'ai adopté cette dernière manière de voir, mais je dois ajouter que la détermination de l'âge exact de la couche jurassique n'a été pour moi qu'une question secondaire dont je laisse la discussion à d'autres. Il faut remarquer que les facies de ces faunes varient beaucoup suivant les lieux, et exigent une étude longue et compliquée pour laquelle je ne possède pas les matériaux nécessaires.

Berrias représente probablement un niveau immédiatement inférieur à notre valangien. M. Coquand a trouvé dans le département des Bouches-du-Rhône ce calcaire de Berrias recouvert par le banc à *Natica Leviathan*, fossile caractéristique du valangien inférieur.

Ainsi qu'on le voit, les grands traits de la question ont été assez bien esquissés par ces premiers travaux. Il nous reste à voir quel développement elle a pris depuis.

Tout le monde paraît aujourd'hui à peu près d'accord sur les faits que nous venons de relater. La succession des formations n'est pas contestée et il est inutile de rappeler ici quelques divergences de détail qui n'influent en rien sur la solution générale [1].

De nombreux travaux publiés dans ces dernières années montrent que cette succession des faunes a été la même sur des points nombreux, éloignés les uns des autres. MM. de Hauer, Suess, Zittel, Benecke, Mojsicoviez, Neumayr, etc., ont trouvé des faits remarquablement concordants avec ceux que je viens d'indiquer, et l'on peut considérer comme un point acquis que depuis les Carpathes jusqu'à la Méditerranée, dans tous les lieux

[1] En particulier M. Hébert et moi n'avons pas toujours interprété les espèces de la même manière. Je persiste pour ma part dans la plus grande partie de mes déterminations ; mais je dois faire observer que ces différences d'appréciation ne peuvent modifier en rien les résultats indiqués. Il me serait d'ailleurs facile de montrer qu'on a souvent trop étendu la signification de mes assertions. Ainsi quand j'ai prouvé (avec MM. Bayle et Chaper) que les *Ammonites Stazyscii* et *Liebigi* ne sont pas les *A. Grasianus* et *subfimbriatus*, on m'a répondu en me disant que ces deux espèces passent au néocomien, ce que je n'ai jamais nié, etc.

où se retrouve le terrain tithonique, les étages sont ordinairement disposés conformément à la coupe suivante :

1. Étage néocomien proprement dit.
2. Étage valangien et marnes à *Bel. latus.*
3. Calcaire de Berrias.
4. Etage tithonique.
5. Couche à gros *Aptychus.*
6. Faune jurassique à *Ammonites tenuilobatus.*

La question principale, celle de la limite de la période jurassique et de la période crétacée peut donc se présenter ici par l'alternative d'une des solutions suivantes.

La ligne de séparation peut être la ligne A de mon mémoire, c'est-à-dire la ligne qui passe entre le n° 4 et le n° 5.

Elle peut être tracée un peu plus bas, c'est-à-dire entre le n° 5 et le n° 6.

Cette ligne de séparation peut être aussi la ligne B de mon mémoire et passer entre le n° 3 et le n° 4.

A ces solutions possibles et déjà discutées on peut en joindre deux, que nous analyserons plus loin et qui tendent à prendre une certaine probabilité.

Ne passe-t-elle point dans le milieu du n° 4, séparant un tithonique jurassique et un tithonique crétacé ?

Enfin cette ligne n'est-elle point une illusion, et n'est-il pas possible qu'il n'y ait pas eu d'interruption entre les deux périodes ?

Avant d'entrer dans les détails, je dois dire que c'est ici surtout que je me suis, sous quelques points de vue, séparé de M. Hébert, mais nos divergences ont été considérablement exagérées, et portent surtout sur une question de méthode. Or, plus nous approchons de la solution, plus les faits acquis prédomineront sur cette question de

méthode et quand la vérité sera rendue incontestable il importera moins de savoir par quelle voie on y est parvenu.

M. Hébert déclare aujourd'hui [1] qu'il ne s'est occupé que de la question de la Porte-de-France, et que la couche à *Terebratula diphya (janitor)* est incontestablement néocomienne [2]. Il conserve quelques doutes sur la brèche corallienne superposée ou associée aux calcaires d'Aizy dont j'ai parlé plus haut.

L'opinion que j'ai émise dès ma première note et que j'ai constamment soutenue depuis, est que la question doit être résolue par une comparaison générale des couches contestées, sur une vaste étendue géographique. La solution doit pouvoir s'appliquer non-seulement à la France méridionale, mais encore aux Carpathes, à l'Italie, au Tyrol, à l'Espagne, à l'Algérie, etc.: on peut s'attendre en conséquence à ce qu'elle soit très-complexe.

Je dois faire remarquer, en effet, que le département de l'Isère seul, malgré les excellents travaux de M. Lory, ne fournit pas des documents suffisants. Nous avons travaillé, M. Hébert et moi, sur les mêmes matériaux qui sont peu abondants et parmi lesquels il y a de nombreuses espèces de gisement incertain. Nous en avons tiré, je crois, tout ce qu'on en peut tirer ; on peut peut-être

[1] The Geological Magazine, July, 1869, vol. VI, p. 301.

[2] M. Hébert aurait probablement mieux fait de se servir du mot *crétacé;* car autant nous reconnaissons comme possible que l'étage tithonique forme le membre le plus ancien de la période crétacée, autant nous croyons devoir refuser le nom de *néocomien* à une formation aussi profondément différente de l'étage qui porte ce nom et qui n'a pas 5 % d'espèces communes avec lui. Mais c'est ici une question secondaire, et nous discuterons plus loin comme si M. Hébert avait employé le mot le plus large.

même nous accuser d'avoir agi quelquefois avec un peu trop de hardiesse. Il faudrait pour une véritale sécurité plus d'espèces bien caractérisées trouvées en place dans une coupe très-sûre. Je continue à avoir l'intime conviction que les calcaires lithographiques de la Porte-de-France et d'Aizy doivent suivre le sort de ceux de Stramberg et que leur véritable valeur ne peut être éclairée que par une étude étendue dont je dois maintenant signaler les difficultés.

Nous possédons déjà de nombreux documents sur le calcaire de Stramberg. Au point de vue spécial qui nous occupe, en supposant toutes les déterminations exactes et en admettant que tous les fossiles décrits sont bien exactement contemporains, ce que nous connaissons peut se résumer dans les faits suivants, qui paraissaient il y a quelques mois être le dernier mot de la question et que je dois, pour conserver l'ordre chronologique, analyser ici en me réservant de les discuter et de les modifier plus loin.

Les *Céphalopodes* qui viennent d'être étudiés d'une manière complète par M. Zittel [1], sont au nombre de 55 espèces, sur lesquelles 50 sont nouvelles. Les cinq autres ont leurs analogues dans la période crétacée. Aucune ne se retrouve dans les étages jurassiques. Cette proportion, si elle était constante, résoudrait la question dans le sens de la ligne A ; mais il s'en faut de beaucoup que tous les autres documents concourent au même résultat.

Les *Brachiopodes* qui ont été également étudiés avec

[1] Zittel, Palæontologische Mittheilungen, tome II, 1re partie, in-8°, et atlas in-folio.

soin, d'abord par M. Zeuschner[1], puis par M. Ed. Suess[2], un des paléontologistes les plus compétents en cette matière, donnent un enseignement différent. Sur 38 espèces décrites, 26 sont nouvelles, aucune ne passe aux étages crétacés incontestés; onze se retrouvent dans la période jurassique et une, la *Terebratula janitor* Pict., est précieuse en ce sens qu'elle se retrouve à la Porte-de-France et dans quelques autres gisements dont elle sert à constater l'analogie avec le calcaire de Stramberg.

Les *Gastéropodes* sont moins connus, M. Zeuschner[3] et M. Peters[4] ont décrit les Nérinées d'Inwald, gisement qui passe pour contemporain de Stramberg. Elles ont un facies essentiellement jurassique.

Il en est de même des autres Gastéropodes et des *Acéphales*, à en juger du moins par des comparaisons encore inédites faites dans la magnifique collection du Musée de Munich. C'est au point que M. Zittel a pu conclure de ces premières données que l'étage tithonique présente une faune identique à celles de Wimmis et du mont Salève attribuées jusqu'ici à l'étage corallien.

Telle est la difficulté principale. Si tous ces faits sont vrais, devons-nous admettre qu'il y a sur les confins des deux périodes des faunes de mélange et que les espèces crétacées, apparues successivement, ont graduellement modifié les faunes jurassiques. Mais l'admission d'un fait pareil, opposé à l'enseignement systématique des écoles,

[1] Pal. Beitr. zur Kenntniss des weissen Jurakalks.

[2] Dans v. Hauer, Beiträge zur Palæontographie von Œsterreich, I, p. 15.

[3] Ueber den Nerineen-kalk von Inwald, Haidinger Abhandl., tome III, 1849.

[4] Ueber Nerineen, Sitzungsber. Akad. wiss., XVI, 1855.

ne peut pas être accepté sans qu'on l'ait dégagé de toutes les chances d'erreur. Il faut en particulier s'assurer si tous les fossiles que l'on a rapportés au calcaire de Stramberg lui appartiennent bien réellement et s'ils ont bien, comme le veut la conclusion que nous venons d'indiquer, vécu absolument dans le même temps et constitué une seule et unique faune.

Or, il faut reconnaître que les recherches les plus récentes ont rendu cette contemporanéité jusqu'à un certain point douteuse. Elle paraissait très-probable il y a quelques mois ; aujourd'hui elle n'est plus certaine et nous devons développer, avant d'aller plus loin, les motifs qui peuvent militer pour modifier les idées admises précédemment. Mais comme on le verra plus loin les conclusions, par lesquelles on peut les remplacer, se présentent encore sous un jour curieux et inattendu et soulèventdes questions tout aussi graves.

Les premiers doutes ont pu naître par l'étude même des couches suisses associées au calcaire de Stramberg, c'est-à-dire de l'étage corallien de Wimmis et de celui du mont Salève. Ces dépôts, malgré des rapports évidents avec l'étage tithonique manquent cependant de plusieurs caractères qui rendraient cette analogie incontestable. Ainsi on n'a trouvé ni à Wimmis ni au Salève la *Terebratula janitor,* non plus qu'aucun des Céphalopodes de Stramberg. Si on pouvait supposer que les géologues allemands ont réuni en une seule deux couches distinctes dont la plus récente serait caractérisée par cette Térébratule et par les Céphalopodes, et la plus profonde par un autre ensemble, ne serait-il pas possible que l'on ne trouvât chez nous que la faune inférieure, désignée par quelques géologues sous le nom de faune à *Terebratula moravica.*

et qui constituerait le dernier terme de la période jurassique, tandis que le vrai Stramberg formerait la base des formations crétacées. M. Hébert nous annonce la bonne nouvelle qu'il a commencé un travail de comparaison sur toutes ces faunes.

Ces doutes sont en grande partie confirmés par une notice toute récente de M. Coquand[1] sur les étages de la Provence. L'analyse de ce document important nous entraînerait trop loin. Le résultat principal est que, dans cette région, la faune à *Terebratula moravica*, complétement dépourvue de Céphalopodes et identique probablement aux calcaires coralliens du Salève et de Wimmis est recouverte par des couches renfermant des Ammonites kimméridgiennes et portlandiennes et par conséquent qu'elle est évidemment jurassique. Ces faits, autant du moins qu'on en peut juger sur un premier aperçu, semblent indiquer qu'il y a, suivant les régions, deux ordres de succession différents. Dans l'une (Provence, Salève, Wimmis), les étages sont à peu près conformes à ce qu'on trouve dans le reste de la France et aboutissent au néocomien littoral ; les limites de la période jurassique et de la période crétacée y paraissent claires. Dans l'autre, comprise entre les Carpathes et l'Italie (avec une portion des Alpes françaises, du département de l'Isère, etc.), règne l'étage tithonique sur les confins des deux grandes périodes.

C'est de cette dernière forme de succession que nous avons à nous occuper. Les choses s'y sont passées d'une manière très-différente de celle qui caractérise le bassin anglo-français. Pour nous en convaincre, il faut étudier

[1] Bulletin de la Société géol., 1869, tome XXVI, p. 100. — Voyez aussi dans le même numéro une note de M. Hébert, p. 131.

les nouvelles recherches de M. Zittel[1] dans l'Apennin central et celles de M. Neumayr[2] dans les Carpathes. Ces travaux paraissent prouver que l'étage tithonique doit être divisé en deux, dont aucun, il est vrai, n'est tout à fait identique à la faune à *Terebratula moravica,* car l'un et l'autre sont riches en Ammonites.

Dans l'Apennin central, l'étage tithonique est fortement développé et abondant en fossiles ; mais, suivant M. Zittel, il présente des conditions paléontologiques spéciales. Sur 45 espèces consistant en grande majorité en Céphalopodes, il y en a 34 communes avec le Diphyakalk du Tyrol et 29 avec la brèche de Rogoznik. Son analogie est moindre avec Stramberg et justifiée seulement par 13 espèces.

M. Zittel infère de là et de différentes comparaisons que l'étage tithonique forme, ainsi que nous venons de le dire, deux divisions. La supérieure serait le calcaire de Stramberg dont la faune a plus d'analogie avec les formes crétacées qu'avec les jurassiques. Elle correspondrait aux couches coralliennes du Wolfgang-See, ainsi qu'aux couches lithographiques de la Porte-de-France et d'Aizy.

La plus inférieure, qui fait cependant évidemment partie du même tout, comprendrait le marbre verdâtre de l'Apennin central, le calcaire à diphya du Tyrol et le Klippenkalk de Rogoznik. La faune a un caractère plus jurassique que celle de l'autre division. Sur quarante-cinq espèces, une seule est crétacée et quatre au moins sont jurassiques.

[1] Dans Benecke, Geognost. pal. Beiträge, Band II, Heft II. Munich, 1869.

[2] Ueber Dogger und Malm in penninischen Klippenzug, Verhandl. der k. k. Geol. Reichsanstalt, 1869, n° 5.

M. Neumayr a étudié les terrains situés entre Rogoznik en Gallicie, et le comitat de Saros dans la Hongrie supérieure, suivant une bande longue et étroite. Ces terrains offrent une succession de faunes intéressante et instructive qui montre, aussi bien que les travaux précités de M. Zittel, l'extrême difficulté qu'il y a à trouver une limite entre les périodes jurassique et crétacée au voisinage de l'étage tithonique.

Nous ne parlerons pas ici des couches inférieures qui sont en dehors de notre sujet : savoir les couches à *Ammonites opalinus* et à *A. Murchisonæ* et le calcaire à Crinoïdes. Celles qui nous intéressent sont :

1° La faune tithonique inférieure, qui peut se subdiviser en deux :

A. La faune du calcaire de Czorsztyn, dont M. Neumayr cite 25 espèces. 12 d'entre elles se retrouvent dans le marbre bleu des Apennins. L'ensemble se rapproche surtout de la faune jurassique connue sous les noms de faune à *Am. acanthicus* et *Am. tenuilobatus*. Quelques espèces sont celles de Stramberg (*Am. silesiacus, Kochi ptychoicus*, etc.). Une seule persiste jusque dans le vrai néocomien (*A. quadrisulcatus*). Les térébratules perforées sont les *T. Catulloi*, Pict. et *Sima*, Zeuschner.

B. La vraie faune tithonique, renfermant 38 espèces de Céphalopodes, dont 16 se retrouvent dans la brèche de Rogoznik, 17 dans le marbre bleu des Apennins, et 8 seulement à Stramberg. Les *T. Catulloi* et *Sima* continuent.

2° Un calcaire blanc qui n'a été trouvé que sur deux points dans la partie sud-ouest et qui correspond au vrai calcaire de Stramberg. Sur 14 Ammonites déterminables, 12 se retrouvent dans ce gisement : parmi elles, 7 sont

communes à Stramberg et à Rogoznik. 1 seule est spéciale à ce dernier étage.

Nous devons ajouter à ces travaux une étude très-intéressante de la faune à *Terebratula janitor*, faite dans les environs de Palerme par M. G. G. Gemellaro[1]. D'après ces recherches, le calcaire gris du Monte Pellegrino renferme, avec plusieurs Ammonites caractéristiques de Stramberg, une faune abondante de Gastéropodes, parmi lesquels sont plusieurs Nerinées d'Inwald et la *Terebratula janitor* associée à la *moravica!* Nous devons cependant, avant de tirer de ces faits tout le parti qu'on peut en espérer, attendre les conclusions définitives de l'auteur. Il n'est pas impossible, d'après quelques renseignements, qu'il ne reconnaisse aussi deux étages distincts dans ce gisement.

Tels sont les points principaux que nous connaissons aujourd'hui et sur lesquels nous pouvons asseoir notre jugement. On me permettra de faire remarquer que la question s'est singulièrement modifiée et que je n'avais pas tort lorsque j'engageais les paléontologistes à ne pas devancer l'enseignement fourni par les faits et à ajourner une solution définitive. Je suis encore dans la même opinion quoique les motifs pour attendre soient devenus moins puissants, et que nous soyions bien plus près de cette solution.

Voici, ce me semble, comment on peut résumer ce qu'il y a de concordant dans les documents ci-dessus :

Laissant de côté, par les raisons que nous avons indiquées, les étages de la Provence, le mont Salève et Wim-

[1] Studii paleont. sulla fauna del Calcareo a *Tereb. janitor* del Norde di Sicilia, in-4°. Palerme, 1868 et suiv.

mis[1], et n'appliquant ce qui suit qu'aux pays où l'étage tithonique est bien développé, nous trouvons en allant de bas en haut :

1° La faune à *Ammonites tenuilobatus* ;

2° La faune du tithonique inférieur, connue surtout par Rogoznik, le marbre bleu des Apennins, et probablement par le calcaire à *T. diphya* du Tyrol ;

3° La faune du tithonique supérieur, ou calcaire de Stramberg (*Tereb. janitor*) ;

4° L'étage néocomien inférieur et en particulier le calcaire de Berrias (*Tereb. diphyoides*).

Les n°s 1 et 2 ont des caractères jurassiques dominants: le n° 3 est plutôt crétacé ; le n° 4 a la plupart des caractères normaux de cette époque.

Ceux qui cherchent la ligne de séparation entre les deux grandes périodes, la placent aujourd'hui entre les n°s 2 et 3. Les térébratules perforées donnent alors le résultat suivant : Les térébratules à petit trou (*T. diphya*, *Catulloi*, etc.), appartiennent aux dépôts jurassiques les plus récents ; les térébratules à grand trou (*T. janitor* et *diphyoides*) sont crétacées.

Mais cette solution en apparence très-simple soulève une grosse question, presque identique à celle que nous avons signalée plus haut. Les quatre étages cités ci-dessus sont liés par de grandes analogies paléontologiques. Plusieurs espèces passent incontestablement du n° 1 au n° 2, de celui-ci au n° 3, et du n° 3 au n° 4. En particulier

[1] Ces calcaires coralliens de Wimmis et du mont Salève appartiennent, comme je l'ai dit, au jurassique supérieur, et sont, suivant toute probabilité, les équivalents de l'étage tithonique inférieur. Une bonne étude paléontologique est indispensable avant qu'on puisse bien apprécier leurs rapports exacts avec l'étage tithonique des Voirons, de Châtel-Saint-Denis, etc.

les nos 2 et 3, qui seraient séparés par la ligne de démarcation des périodes, ont environ un tiers des espèces qui se trouvent à la fois dans l'un et l'autre! Cette ligne serait donc une bien faible limite et il faudrait reconnaître que, dans ce bassin tithonique, la séparation de la période jurassique et de la période crétacée serait singulièrement compromise.

Devant un pareil résultat, si opposé aux idées généralement admises, nous ne pouvons que répéter ce que nous avons dit dans nos travaux précédents. Attendons de nouveaux faits et suspendons un jugement définitif, jusqu'à ce que de nouvelles coupes nous soient connues et que de nouvelles faunes locales viennent confirmer ou infirmer ce que les travaux actuellement acquis paraissent nous forcer à accepter.

Nous pouvons en particulier espérer d'avoir bientôt une description suffisante de la faune à *Ter. diphya* du Tyrol et de celle que MM. de Verneuil et Ernest Favre ont trouvée en Andalousie. L'une et l'autre ont une grande importance et pourront fournir une partie des éléments qui nous manquent pour la solution définitive.

En attendant, je crois devoir terminer par quelques réflexions théoriques sur la manière dont on doit accueillir et discuter ces faits inattendus.

Chacun de ceux qui cherchent à enrichir l'histoire naturelle de faits nouveaux travaillent plus ou moins sous l'empire de quelques données générales et théoriques, qui leur font entrevoir un but à atteindre et une route à suivre. Bien peu de personnes échappent à cette influence qui, il faut le dire, est le plus souvent un excitant néces-

saire. Mais il faut savoir se tenir en garde contre les exagérations du principe, afin de ne pas risquer de subordonner les résultats de l'observation directe à des idées préconçues. Permettez-moi d'attirer ici votre attention sur quelques-uns des écueils à éviter.

Je suis pour ma part tout à fait d'accord avec ceux qui croient que le développement et la succession des êtres ont été et sont encore sous l'empire de lois parfaitement régulières. Le rôle de la science est de chercher à les découvrir et plus elle avance, plus cette régularité se manifeste d'une manière éclatante. Je ne m'associe en aucune manière à ceux qui croient à l'irrégularité et au désordre et qui ont pour tendance de chercher des exceptions apparentes dont la marche progressive de l'observation ne tarde pas ordinairement à montrer l'inanité.

Mais en prenant pour base cette régularité, nous devons reconnaître que les lois sont bien plus complexes qu'on ne l'avait supposé. Il y a quelques années on croyait encore aux lignes tranchées, aux coups de théâtre et à la succession brusque des faunes qui restaient entre elles sans lien matériel. Nous avons été élevés dans ces idées et il a fallu tout l'enseignement de faits nombreux pour nous montrer que les faunes ont dû se modifier plus ou moins graduellement et avec une certaine lenteur, sous l'influence de circonstances variées, pareilles à celles qui amènent des effets analogues dans les mers actuelles. Or, ces circonstances ne sont pas identiques dans tous les temps et dans tous les lieux, ce qui rend infiniment peu probable que les choses se soient passées exactement de la même manière dans tous les bassins géologiques. L'histoire de la succession des êtres doit en conséquence être complexe et modifiée par des faits locaux : il n'est

pas probable qu'on puisse la formuler d'une manière très-simple, applicable à tous les cas.

Devant la question qui nous occupe, je crois nécessaire de mettre en relief quelques points de vue spéciaux.

Le premier, sur lequel je désire attirer l'attention, se rapporte à ce que l'on désigne en géologie sous le nom de *normal*. Les premiers travaux qui aient jeté un grand jour sur la classification des terrains ont été principalement faits en Angleterre et dans le nord de la France. Aux yeux de plusieurs naturalistes les résultats obtenus dans le bassin anglo-français constituent la géologie normale ou la succession normale des étages. La géologie d'autres pays, lorsqu'elle n'est pas rigoureusement identique, ne constitue que des exceptions apparentes qui doivent être ramenées à une signification en accord avec cet état normal. Pour ces naturalistes la classification des terrains dans le bassin anglo-français est l'Arche sainte et l'interprétation des faits observés en dehors doit avoir pour but de les faire rentrer dans le cadre du tableau. On reconnaît facilement là la tendance d'une école célèbre dont le représentant principal sous ce point de vue a été le savant et regretté d'Archiac.

Mais pourquoi les géologies des autres pays ne seraient-elles pas aussi *normales* et n'auraient-elles pas autant le droit de fixer les grandes divisions dans l'histoire paléontologique du globe. Nous pouvons ici renvoyer à une excellente note [1] de notre savant collègue M. P. Merian, qui, habitué, par un tact scientifique à toute épreuve, à mettre le doigt sur les erreurs de méthode, a su donner

[1] P. Merian, Ueber die Grenze zwischen Jura und Kreidef. Bâle, 1868, in-8°.

si souvent d'excellents conseils aux géologues qui l'ont consulté. Dans cette note M. Merian montre que si le hasard avait voulu que le premier développement de la géologie eut eu lieu dans d'autres contrées, les bases de la classification des terrains auraient été en partie différentes. Il n'y a aucun motif pour qu'un tableau construit dans ces conditions fût moins normal que celui du bassin anglo-français. En particulier dans le cas actuel nous pouvons dire avec certitude que si les premiers classificateurs avaient débuté par l'étude de toute cette bande de terrain qui est comprise entre la Gallicie et la Méditerranée, en passant par le Tyrol et le sud-est de la France, aucun d'eux n'aurait cherché les limites d'une des grandes périodes dans le voisinage de l'étage tithonique. La circonstance que les limites sont très-tranchées dans le bassin anglo-français n'implique pas la nécessité qu'elles le soient également dans cette autre zone. Ces deux ordres de faits ne sont pas nécessairement connexes.

Le second point de vue sur lequel il est nécessaire de dire quelques mots est relatif à l'indépendance plus ou moins complète des étages. Tant qu'on n'a connu que les étages principaux caractérisés par de riches faunes, on a pu croire à leur complète indépendance, et il y a là certainement un fait général important : ces faunes successives bien définies resteront toujours le guide nécessaire pour l'enseignement et la justification de nos classifications. Mais depuis que l'on a étudié beaucoup de couches intermédiaires et qu'on les a suivies à de grandes distances géographiques, on a trouvé quelques transitions. Des fossiles réputés très-caractéristiques ont, par places, précédé la faune avec laquelle ils vivent principalement ou lui ont un peu survécu. On a dû com-

prendre que les choses se sont passées comme cela aurait eu lieu dans les mers actuelles à la suite de modifications graduelles dans la nature du fond, la profondeur et la température. On a dû voir que, de même que dans nos mers, les faunes les plus tranchées sont séparées par des intervalles où les espèces se mélangent plus ou moins. Il y a entre les formations, dès qu'elles sont connues dans tous leurs détails, quelques passages analogues. Ainsi, en prenant pour exemple le terrain crétacé, on sait que si les formations principales ont pu être longtemps considérées comme caractérisées par des faunes parfaitement spéciales, les découvertes modernes, en augmentant singulièrement le nombre des sous-étages, ont rendu la plupart des limites moins fixes qu'on ne le croyait. Le terrain valangien a bien des espèces communes avec le néocomien, et celui-ci avec l'urgonien inférieur. L'urgonien supérieur a une partie des caractères paléontologiques de l'aptien inférieur. L'aptien supérieur a quelques-uns de ceux du gault. Le gault supérieur ou vraconien est venu atténuer les différences qui distinguaient le gault de l'étage cénomanien, etc.

Je ne veux pas exagérer ces faits dont l'importance ne s'élève pas jusqu'à voiler l'existence de certaines faunes reconnues par tout le monde, mais qui nous enseignent que les étages ne peuvent plus être caractérisés par un ou deux fossiles isolés, mais seulement par l'ensemble de la faune.

Ce que nous venons de dire des étages dans lesquels se divisent les grandes formations, ne peut-il pas s'appliquer à ces formations elles-mêmes ? Quelle est la raison philosophique qui nous fait considérer ces limites entre les grandes formations comme plus tranchées que d'autres?

Les limites sont des inventions de la science, utiles comme points de repères ; mais qui nous dit qu'il y a une barrière infranchissable entre le dernier étage jurassique et le premier crétace ? Pourquoi cette barrière très-claire dans le bassin anglo-français le serait-elle partout ? On serait bien embarassé d'en fournir *à priori* un motif plausible.

Ici nous nous trouvons encore d'accord avec la note de M. Merian. Notre savant collègue fait remarquer avec raison qu'une foule de découvertes récentes tendent à rendre ces limites obscures. De nouveaux travaux établissent des passages entre le dévonien et le carbonifère. L'étage rhétien a comblé une partie des lacunes entre le trias et le lias. Les nouveaux dépôts crétacés d'eau douce découverts par M. Matheron augmentent le lien entre la période crétacée et la période tertiaire. Le tertiaire récent peut à peine se distinguer du quaternaire ancien. Pourquoi l'étage tithonique n'atténuerait-il pas à son tour la valeur de la séparation entre les étages jurassiques récents et les étages crétacés inférieurs.

Nous croyons donc que dans cette grave question il convient plus que jamais de ne pas opposer aux faits que l'on récolte aujourd'hui une fin de non recevoir basée sur une prétendue impossibilité. Il faut subordonner les enseignements de l'école à ceux des faits bien observés, et sans vouloir se précipiter en casse-cou dans la voie d'une révolution, rester impartial dans l'étude des faits qui nous forceront peut-être à l'accepter. J'ajouterai que la prudence nous ordonne de rester sevères dans leur appréciation.

OBSERVATIONS

SUR LA

TEMPÉRATURE DU CORPS HUMAIN

A DIFFÉRENTES ALTITUDES

A

L'ÉTAT DE REPOS ET PENDANT L'ACTE DE L'ASCENSION

PAR

M. le D[r] William MARCET

(Communiqué à la Société de Physique et d'Histoire naturelle de Genève. dans sa séance du 2 septembre 1869.)

Une excursion sur la chaîne du Mont-Blanc vient de me fournir l'occasion de faire quelques observations sur les changements qui se manifestent dans la température du corps humain pendant l'acte même de l'ascension. Le nombre de ces observations est, à vrai dire, encore très-restreint : néanmoins les résultats obtenus s'accordent assez bien entre eux pour permettre d'en tirer quelques conséquences.

J'avais apporté avec moi de Londres un thermomètre centigrade de Casella, fait exprès pour ce genre de recherches et divisé en cinquièmes de degré, avec possibilité d'apprécier distinctement les dixièmes. Les indications de ce thermomètre pouvaient *être lues commodément*, la boule de l'instrument restant immobile sous la langue : au moyen d'un petit miroir placé à un angle donné près de la tige du thermomètre, et qui en réfléchissait l'image de manière à me permettre de suivre le mouvement de la colonne de mercure avec la même

exactitude que si je l'observais directement. Il est à peine besoin d'ajouter que les précautions nécessaires avaient été prises pour éviter toute source d'erreur provenant du temps requis pour amener le thermomètre à la température du milieu dans lequel il se trouvait. Une série d'expériences préliminaires m'ont prouvé, qu'avec le thermomètre que j'employais, quatre à cinq minutes suffisaient amplement pour atteindre ce but. J'avais d'ailleurs soin de maintenir la boule du thermomètre aussi en arrière que possible sous la langue, les bords de cet organe fortement serrés contre la machoire inférieure, les lèvres complétement closes, et la respiration n'ayant lieu que par les fosses nasales. De la sorte il devenait à peu près impossible qu'une portion quelconque de l'air inspiré pût se trouver en contact avec la boule du thermomètre pendant la durée de l'observation.

Les questions que j'avais à cœur d'examiner se rapportaient : 1° à l'influence de la chaleur animale, le corps étant à l'état de repos ; 2° à l'influence de la marche ascendante sur la chaleur animale à différentes élévations ; 3° à l'influence de l'acte de descendre sur cette même chaleur. Je me bornerai dans ce travail à l'examen des deux premières questions, réservant la troisième pour plus tard.

Je m'aperçus bien vite de la nécessité d'arriver à noter la température de mon corps, sans suspendre la marche et pendant l'acte même de l'ascension. Dans ce but, la boule du thermomètre ayant été placée sous la langue et le miroir réflecteur convenablement ajusté, j'ai pu réussir à observer la hauteur du mercure à des intervalles déterminés, tout en ayant soin de ralentir ma marche le moins possible. Il n'en arrivait pas moins fré-

quemment, ainsi qu'on le verra dans le cours de ces expériences, que le ralentissement de la marche ascendante, quelque courte que fût sa durée, suffisait cependant pour permettre au corps de reproduire momentanément de la chaleur en remplacement de celle qui avait été dépensée pendant l'acte de l'ascension.

Je me suis fait une règle de noter avec soin à chaque ascension l'heure exacte de mon dernier repas. J'ai pu ainsi remarquer que, lorsqu'on fait une ascension à jeun, le corps se refroidit invariablement plus que lorsqu'on monte immédiatement après le repas ou pendant la période de la digestion. C'est ainsi qu'ayant quitté Chamonix une heure et demie après un déjeuner copieux, pour monter au chalet des Chablettes sur le Brévent, à une heure environ au-dessus de la vallée, j'ai pu observer sans ralentir ma marche, le thermomètre placé au-dessous de la langue, un quart d'heure avant d'arriver. Il indiquait 36°,5. En ralentissant ensuite la marche, il est monté à 37°. Le lendemain je répétai l'expérience en partant de Chamonix complétement à jeun, sans avoir rien mangé depuis la veille au soir. Dans ce cas, un quart d'heure avant d'arriver aux Chablettes, la température de mon corps, observée, comme précédemment, sans ralentir la marche, s'est trouvée être de 35°,3 seulement, la boule du thermomètre étant restée six minutes sous la langue. Cette fois la température du corps s'est trouvée inférieure de 1°,2 à ce qu'elle était dans l'expérience précédente, lorsque je ne me suis mis en route qu'après un repas copieux. Ayant diminué quelque peu la vitesse de ma marche, le thermomètre s'est mis à monter rapidement, et en arrivant au chalet des Chablettes il indiquait 36°,4.

J'ai trouvé commode de réunir mes différentes observations sous la forme d'un tableau placé à la fin de cette notice ; les résultats qui semblent en découler peuvent être divisés comme suit :

Premier résultat. —La température du corps humain à l'état de repos ne paraît pas être habituellement moins élevée à de grandes hauteurs qu'elle ne l'est au bord de la mer. Une diminution dans la pression atmosphérique n'aurait donc pas d'influence marquée sur la température du corps à l'état de repos. Exemple :

Température du corps à Chamonix à 1050 mètres au-dessus de la mer, le matin à jeun.	36°,2 à 36°,3
Idem, à la cabane des Grands-Mulets ; hauteur, 3050 mètres, le matin à jeun.	36°,5
Idem, au sommet du col du Géant; hauteur, 3362 mètres, à jeun, après 8 minutes de repos.	36°,8
Idem, au Mont-Blanc (Grand Plateau) ; hauteur, 4000 mètres, corps en repos et à jeun.	36°,3
Idem, sur la bosse du Dromadaire (Mont-Blanc) ; haut. 4672 mètres, 2 heures 40 m. après le repas. .	37°,1

Sur vingt observations faites ainsi à des hauteurs comprises entre 1050 et 4672 mètres, dans des conditions variables quant à la nourriture prise, la température de mon corps n'a varié qu'entre 36° et 37°,1, soit de 1°,1 seulement; et ce qu'il y a de singulier, c'est que la température la plus élevée s'est trouvée avoir lieu à la hauteur la plus considérable [1].

[1] Je ne fais pas entrer en ligne de compte l'observation faite à Pliampraz. Elle indique une température exceptionnellement basse qui doit probablement être due à quelque circonstance particulière, telle qu'une transpiration extraordinaire pendant la dernière partie de l'ascension.

Quoique les variations constatées dans la température du corps à l'état de repos soient en général peu considérables, il est à remarquer que les températures les plus élevées paraissent le plus souvent liées à la circonstance d'un repas récent, ou bien, à un temps d'arrêt pendant une descente de montagne. C'est ce qui résulte du tableau suivant :

Mètres.	Température.	
1050	37°,1	A Chamonix, 3/4 d'heure après déjeuner.
3050	37°,1	Aux Grands-Mulets, 2 1/2 heures après déjeuner copieux de viande.
4672	37°,1	Sur la Bosse du Dromadaire, 2 3/4 heures après déjeuner copieux, suivi d'une ascension rapide, mais faite lentement et sans fatigue.
1621	37°,0	A jeun, mais après avoir descendu du col du Géant pendant 4 à 5 heures.
1565	36°,9	Aux Chablettes, 1 1/2 heure après déjeuner copieux.
3362	36°,8	Au sommet du col du Géant, 3 heures après un déjeuner de café au lait. Température prise après un repos de 8 minutes.

L'observation faite au sommet du col du Géant paraît présenter une exception à la règle générale. En effet, la température de 36,8 observée à un moment où l'estomac devait être à peu près vide, et à la suite d'une marche ascendante de trois heures, est plus élevée que je ne m'y serais attendu. Peut-être est-elle due à un effet de réaction, la température de mon corps ayant beaucoup baissé (34°,5) pendant l'ascension du col.

Deuxième résulat. — La température du corps tend invariablement à baisser pendant l'acte de l'ascension. Le degré de cet abaissement dépend presque exclusivement de l'époque à laquelle a eu lieu le dernier repas. En général, c'est lorsqu'on monte rapidement à jeun et trans-

pirant librement, que la diminution de la chaleur animale se fait le plus remarquer.

Sur douze observations faites pendant la marche ascendante, la température de mon corps a varié de 34°,5 à 35°,5, soit de 2°. Les quatre observations où l'abaissement de température a été le plus considérable sont les suivantes :

A 4000	mètres	......	34°,5	à jeun.
2080	»	......	34°,5 et 35°	à jeun.
3362	»	......	34°,5	à jeun.
2100	»	......	35°,0	à jeun.

L'influence de la marche ascendante pour abaisser la température du corps est très-apparente dans les deux observations qui suivent. Je suis parti de Chamonix pour les chalets de Pliampraz, peu après un déjeuner copieux. A moitié chemin, au chalet des Chablettes, après une heure d'ascension, ma digestion n'était pas encore terminée, et je n'éprouvais pas la moindre sensation de fatigue. Jusqu'à ce moment la température indiquée par le thermomètre sous la langue avait peu varié, ayant été d'abord de 36°,5, puis quelques minutes plus tard 37°. Je me remis en route pour Pliampraz, et pour l'atteindre plus vite, je quittai le sentier battu pour monter directement par une pente très-rapide. J'atteignis Pliampraz hors d'haleine, fatigué et transpirant beaucoup. Pendant les dernières minutes de l'ascension ma température a varié de 34°,5 à 35°, soit 1° au moins au-dessous de ce qu'elle était en arrivant aux Chablettes. Il est évident que dans ce cas le repas du matin n'était plus capable, comme une heure plutôt, de pourvoir à la dépense de chaleur provenant d'une ascension rapide.

Dans une seconde observation, et afin de m'assurer

que le refroidissement du corps pendant une marche ascendante était effectivement dû au mouvement musculaire et point à l'effet d'un air raréfié, je fis l'ascension depuis Cormayeur au pavillon du Mont-Fréty (2197 mètres) en partie à mulet. Arrivé aux deux tiers du chemin, la température de mon corps s'est trouvée être de 36°,4. Je quittai alors le mulet et fis le reste de l'ascension à pied, le plus rapidement que je le pus, en trente-cinq minutes. Quelques instants avant d'arriver, ma température n'était plus que de 35°, ou plus bas de 1°,4 qu'au moment où je me suis remis en marche. Au moment de quitter Cormayeur, une heure après dîner, le thermomètre sous la langue avait indiqué 36°,8. A la hauteur de 650 mètres, assis tranquillement à cheval, ma température était encore de 36°,4. Il a donc suffi d'une ascension rapide à pied de 328 mètres seulement pour amener un refroidissement de 1,4, montrant ainsi que dans tous les cas l'abaissement de température dû à l'effet d'une marche ascendante, est bien autrement considérable que celui qui pourrait être attribué à un simple changement d'élévation.

Troisième résultat. — La température du corps, après avoir diminué pendant une marche ascendante, augmente de nouveau rapidement dès qu'on se repose, ou même lorsqu'on ralentit la vitesse de la marche. C'est ainsi que peu de minutes avant d'avoir atteint le pavillon du Mont-Fréty, et pendant que je marchais encore, le thermomètre sous ma langue n'accusait que 35°, tandis qu'après un repos de demi-heure au pavillon il était monté à 36°,6, soit de 1°,6. Peu de minutes avant d'avoir atteint le Col du Géant, la température indiquée pendant la marche n'était que de 34°,5, tandis qu'après un repos de huit

minutes au sommet du Col, elle est montée à 36°,8, soit de 2°,3. De même, peu d'instants, avant d'avoir atteint le chalet des Chablettes, la température de mon corps s'est trouvée être de 35°,3. Ayant ralenti ma marche pour prendre note de ce chiffre, sans pourtant m'arrêter, le thermomètre est monté rapidement à 36°, et cinq minutes plus tard à 36°,4. Dans ce cas, il a suffi d'un simple ralentissement dans la marche ascendante pour rendre à mon corps la chaleur dépensée en montant. En montant à Pliampraz le résultat a été encore plus frappant. Au moment où je montais très-rapidement par une pente entièrement roide, et peu d'instants avant d'atteindre les chalets, le thermomètre sous ma langue est resté stationnaire pendant une minute environ à 34°,5. Ayant ralenti ma marche, il est monté rapidement à 35°. Après trois minutes de repos complet à Pliampraz, il a atteint 35°,8, et un quart d'heure plus tard il est resté stationnaire à 35°,7.

Il m'est arrivé plus d'une fois de remarquer que la nécessité de ralentir momentanément la marche ascendante, pour prendre note de la température de mon corps, a donné lieu à une élévation notable de celle-ci. Je ne puis expliquer autrement l'augmentation de la chaleur animale remarquée dans les cas suivants :

Dans une première course, à environ 1565 mètres au-dessus de la mer, le thermomètre pendant la marche ascendante a indiqué d'abord 36°,5, puis quelques minutes après 37°. Dans une nouvelle course faite au même endroit, mais dans des circonstances différentes, le thermomètre, après un séjour de cinq minutes sous la langue, n'indiqua que 35°,3; peu d'instants plus tard 36°, et après un nouvel intervalle de cinq minutes 36°,3, quoi-

que je n'eusse pas arrêté ma marche. A Pierre Pointue (2060 mètres) la température de mon corps, pendant une marche ascendante rapide, a été notée à 35°.5 : peu à peu elle s'est accrue jusqu'à atteindre 36°.8. De même, en montant à la Pierre à l'Echelle, près du glacier des Bossons, le thermomètre placé sous la langue a indiqué au bout de six minutes 36°.5, et cinq minutes plus tard 36°.8, quoique je n'eusse pas suspendu ma marche.

Quatrième résultat.— Le malaise général, et en particulier le mal de cœur, dont on souffre souvent à de grandes élévations, est accompagné d'un abaissement remarquable de la température du corps.

J'éprouvais d'abord ce malaise en me réveillant de grand matin au pavillon du Mont Fréty. Il fut suivi d'efforts infructueux pour vomir, mon estomac étant complétement vide, à la suite desquels j'observais la température de mon thermomètre, placé sous la langue. Il n'indiquait que 35°, et est resté stationnaire à cette température pendant plusieurs minutes. Ensuite il est monté graduellement jusqu'à 36°, et pendant l'intervalle qui s'était écoulé tout sentiment de malaise avait disparu. Le même malaise, accompagné de vomissements, m'a atteint de nouveau au moment où j'arrivais au sommet du Mont-Blanc. Je voulus prendre la température de mon corps, mais malheureusement mon thermomètre venait de se briser. Mon compagnon de voyage, M. le professeur Lortet de Lyon, eut l'obligeance de me placer sous la langue un thermomètre à maximum, dont il nota la température au bout d'un intervalle malheureusement trop court pour que je puisse regarder le résultat comme parfaitement exact. Je ne doute pas d'ailleurs que la température exceptionnellement basse, qu'il a accusé, ne fut due à mon indisposition passagère, puisque au point le

plus élevé de la Bosse du Dromadaire, à 138 mètres seulement au-dessous du sommet du Mont-Blanc, la température de mon corps, après un repos de quelques minutes, était de 37°, soit la température normale de l'homme dans la plaine.

Je ne peux m'empêcher de penser que le malaise, que l'on ressent ordinairement à de grandes élévations au-dessus de la mer, ne provienne de ce que le corps est devenu incapable, par suite des circonstances physiologiques dans lesquelles il se trouve, de reproduire la chaleur qu'il a dépensée pendant l'acte de l'ascension. Il est de fait que le corps, à une certaine élévation, est plus disposé que dans la plaine à ressentir les effets du froid, provenant soit de la température extérieure, soit aussi quelquefois du manque de vêtements suffisants. Forcé à se lever de très-grand matin, à la suite d'une nuit souvent froide, et où les couvertures lui ont manqué, le touriste se remet en route à la suite d'un déjeuner le plus souvent froid, précisément au moment de la journée où la température de son corps se trouve être la moins élevée, même dans les circonstances de la vie ordinaire. Souvent alors la perte de chaleur due à l'emploi de la force musculaire, nécessaire à une marche ascendante, précisément au moment où, par suite d'un repos insuffisant, du manque d'une nourriture appropriée aux circonstances, ou d'appétit pour y faire honneur, l'énérgie vitale se trouve réduite à son plus bas point. En fait, j'ai toujours remarqué que les circonstances connues pour favoriser la reproduction de la chaleur animale sont précisément celles propres à guérir, ou tout au moins à atténuer le malaise provenant de la rareté de l'air. Et d'abord, le fait de changer la marche ascendante en descente amène le plus souvent un mieux-être presque instantané, dû,

sans doute, à ce que la descente exigeant peu ou point d'efforts musculaires, il en résulte une économie notable dans la dépense de chaleur. J'ai souffert l'année passée du malaise de montagne sur le Mont-Blanc, depuis le Grand Plateau jusqu'au Mur de la Côte, au point d'être forcé à renoncer à en atteindre le sommet. Dès que je me suis mis à descendre, le malaise a aussitôt diminué. Il est vrai que cette fois les circonstances dans lesquelles je me trouvais, tendaient toutes à abaisser la température de mon corps. J'étais parti de la cabane des Grands-Mulets presque à jeun ; des rafales d'un vent glacé me lançaient constamment en face de la poussière de neige, sans doute fort au-dessous de zéro. J'avais les pieds et les mains à moitié gelés, et je venais de faire l'ascension du Corridor où le manque d'air a dû encore contribuer à la dépression de la chaleur animale.

J'ai remarqué plus d'une fois qu'un violent accès de vomissement a mis fin au malaise que je ressens ordinairement à une très-grande élévation. Ce fait assez singulier me paraît difficile à expliquer, car le plus souvent j'avais l'estomac vide ou à peu près. Je ne peux l'attribuer qu'à une accélération de la circulation due aux efforts infructueux pour vomir.

Prendre quelque nourriture, si possible, au moment où le malaise commence à se faire sentir, m'a paru le moyen le plus efficace d'en diminuer l'intensité. La meilleure manière de s'en mettre complétement à l'abri doit consister évidemment dans une nourriture copieuse répétée à de courts intervalles. Si l'appétit manque complétement, ainsi que cela est fréquemment le cas, le mieux est de chercher à prendre un peu de nourriture, aussi souvent que les circonstances le permettent.

TABLEAU N° I.

Température du corps à différentes altitudes à l'état de repos.

Mètres.		Température sous la langue.
1050	A Chamonix, le matin, à jeun.................	36°,2
Id.	A Chamonix, même observation le lendemain.....	36,3
Id.	A Chamonix, immédiatement après le déjeuner....	36,5
Id.	A Chamonix, trois quarts d'heure après déjeuner...	36,1
Id.	A Chamonix, au retour des Chablettes, à jeun.....	36,7
1215	A Courmayeur, avant dîner, à jeun	36,6
Id.	A Courmayeur, une heure après dîner	36,8
1320	A la cascade de Blétières, 2 1/2 heures après déjeuner.	36,5
1565	Au chalet des Chablettes, le matin, à jeun.......	36,3
Id.	Idem, après déjeuner....................	36,9
1621	Au-dessus du Montanvert, à jeun, après descente rapide	37,0
1869	Pendant l'ascension du mont Fréty (à cheval).....	36,4
2080	A Pliampraz, à jeun, 4 heures après déjeuner	35,6
2197	Demi-heure après l'arrivée au mont Fréty, à jeun.	36,6
Id.	Au mont Fréty, après malaise et vomissement, à jeun.	36,0
3050	A la cabane des Grands-Mulets, 2 1/2 heures après le repas du soir	37,1
Id.	Idem, à 2 heures du matin, à jeun	36,5
3362	Au sommet du col du Géant, à jeun, après 8 minutes de repos	36,8
4000	Au Grand Plateau du Mont-Blanc, 4 1/2 heures après déjeuner peu copieux.....................	36,3
4672	Bosse du Dromadaire, après 8 minutes de repos, trois heures après déjeuner	37,1
	Température moyenne..........	36°.6

Températures extrêmes { 37°,1 / 36°

Différence..... 1°,1 en omettant l'observation de Pliampraz.

TABLEAU N° 2.

Température du corps observée à des altitudes croissantes pendant l'acte même de l'ascension.

Mètres.		Température sous la langue.
1350	A la cascade de Blétières, 5 heures après déjeuner.	35°,5
1500	Au chalet des Chablettes, à jeun	35,3
1500	Idem, après déjeuner copieux	36,5
2060	A Pierre Pointue, à jeun	35,5
2080	A Pliampraz, 4 heures après déjeuner	34,5
2100	Sous le pavillon du mont Fréty, à jeun	35,0
2260	Arrivant à la Pierre à l'Échelle, en pleine digestion.	36,5
3050	Arrivant aux Grands Mulets, à jeun	35,8
3362	Arrivant au col du Géant, à jeun	34,5
3900	A cent mètres au-dessous du Grand Plateau (Mont-Blanc), à jeun	35,6
4000	Sur le Grand Plateau, à jeun	34,5
4331	Sur le Dôme du Goûté (Mont-Blanc)	34,6
	Température moyenne	35°.3

En prenant 36°,6 pour la température moyenne du corps à l'état de repos (voyez tableau n° 1), il y aurait une perte moyenne de chaleur de 1°,3 due à l'acte de l'ascension.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

Prof. J.-C.-F. Zöllner. Ueber ein neues Spectroscop, etc. Sur un nouveau spectroscope. (*Astronomische Nachrichten*, n° 1772.)

Déjà dans la séance de l'Académie royale des Sciences de Saxe à Leipzig, du 6 février écoulé, M. le professeur Zöllner a présenté les remarquables conclusions auxquelles il est arrivé relativement à l'emploi d'un spectroscope de son invention, qu'il appelle *spectroscope à réversion*.

Le faisceau lumineux traverse une fente qui se trouve au foyer d'une lentille, laquelle, comme dans tous les spectroscopes, rend parallèles les rayons à disperser. Puis les rayons traversent deux systèmes de prismes d'Amici à vision directe, placés de manière que chacun laisse passer une moitié du faisceau lumineux sortant de l'objectif collimateur. Ces systèmes de prismes sont disposés de telle sorte que le faisceau lumineux est dispersé en deux spectres tournés en sens inverse. L'objectif de la lunette, qui réunit de nouveau en une seule image les deux faisceaux lumineux, est coupé, comme dans un héliomètre, en deux parties, suivant un diamètre perpendiculaire aux plans de réfraction des prismes. Chacune des deux moitiés est mobile, parallèlement et perpendiculairement à la ligne de section. On est dès lors en état, soit d'amener les raies de l'un des spectres successivement en coïncidence avec celles de l'autre, soit de juxtaposer ou de superposer partiellement les spectres, en sorte qu'ils se meuvent à côté l'un de l'autre comme la réglette d'un vernier. On utilise par ce moyen non-seulement le procédé très-

délicat des images doubles pour la détermination d'un changement quelconque dans la position relative des raies spectrales. mais encore le changement de cette espèce se trouve doublé. chaque spectre subissant l'influence en sens opposé.

On peut aussi se passer des deux systèmes de prismes d'Amici. Il suffit de renverser par voie de réflexion une partie du faisceau lumineux émergeant d'un prisme ordinaire. au moyen d'un miroir ou d'un prisme. et alors d'observer les faisceaux réunis comme il vient d'être dit, au moyen d'une lunette munie d'un objectif coupé suivant un de ses diamètres.

L'instrument ainsi préparé peut être utilisé pour constater l'influence qu'exercent sur les phénomènes accompagnant la vitesse de propagation de la lumière, les mouvements de translation des corps qui la produisent. Pour les corps célestes. ces mouvements sont encore très-lents en comparaison de la vitesse de la lumière. et jusqu'à présent on avait grand'peine à en percevoir les effets. Un moyen infiniment plus délicat de mesurer les déplacements des raies spectrales. résultant de changements de réfrangibilité et constituant ces effets. pourra permettre l'appréciation des vitesses de translation des étoiles. relativement au système solaire. M. Zöllner espère y parvenir par l'emploi de son instrument. avec lequel il croit pouvoir évaluer la distance des deux raies D, par exemple (celles du sodium). dans le spectre solaire. avec une approximation de $^1/_{226}$ de leur écartement. Or. un déplacement de 30 kilomètres par seconde de la source lumineuse par rapport à l'observateur. doit produire une variation de $^1/_5$ dans l'écartement de ces raies. c'est-à-dire 40 fois plus grande que la limite de perceptibilité du spectroscope.

L'auteur prétend aussi arriver à mesurer la vitesse de rotation des points situés à la surface du soleil sans être obligé de recourir aux mouvements des taches. Si au moyen d'un héliomètre on produit une double image de l'astre. et qu'on

amène en contact les deux bords opposés de l'équateur. L'un des points de contact sera doué d'un mouvement de translation dirigé vers l'observateur, l'autre d'un mouvement dirigé en sens inverse, c'est-à-dire s'éloignant de l'observateur. La différence de vitesse, résultant de ces mouvements contraires, est d'environ 4 kilomètres par seconde, et devra produire un déplacement d'environ $^1/_{80}$ dans la position relative des raies D. Le rapprochement des images spectrales au moyen de l'instrument décrit pourra permettre cette comparaison, soit pour les points situés à l'équateur solaire, soit pour ceux qui sont placés aux diverses latitudes héliographiques.

Dans ces deux ordres de recherches, vitesse de translation des corps célestes et vitesse de rotation du soleil, M. Zöllner indique une marche à suivre et les procédés qui pourront être utilisés pour y réussir.

Il est un troisième ordre d'études où il va plus loin, où le résultat est acquis et où il présente des dessins très-curieux et absolument nouveaux d'un phénomène ignoré dans la science jusqu'en 1842, constaté pendant les dernières éclipses totales, et qu'on pourra désormais étudier et voir en tout temps. Nous voulons parler des protubérances solaires.

On sait que MM. Janssen et Lockyer ont réussi à constater la présence des protubérances solaires par l'analyse spectrale : il s'agissait de pouvoir en observer les formes et les apparences complètes. En se basant sur quelques principes d'optique et sur des expériences de laboratoire, M. Zöllner a montré qu'en faisant osciller parallèlement à elle-même la fente de son spectroscope, placée tangentiellement au bord du soleil, on pourrait conserver l'impression totale de l'apparence de la protubérance signalée sur le pourtour de l'astre. En outre, il a découvert que cette apparence restait également perceptible en faisant subir un élargissement suffisant à la fente du spectroscope en repos. Voici le principe du procédé qu'il emploie.

Le rideau brillant, formé par l'illumination de l'atmosphère de la terre dans les régions voisines du soleil, nous enlève, par son éclat prédominant, la vue des protubérances solaires. Mais la lumière de ce rideau est composée de rayons de toutes les réfrangibilités, tandis que celle des protubérances solaires l'est de rayons de trois réfrangibilités différentes seulement, appartenant au rouge, au jaune et au bleu, sans intermédiaires. Il suit de là que si l'on regarde les protubérances à travers un prisme fortement dispersif, on verra trois images distinctes et non déformées d'une même protubérance, une rouge, une jaune et une bleue, et l'éclat moyen de chacune de ces images sera un tiers de l'éclat de la protubérance vue sans le prisme.

Cependant la lumière du rideau atmosphérique, composée de rayons de toutes réfrangibilités, sera fortement étalée, et par conséquent affaiblie par le même prisme, et si on ne laisse entrer que la plus petite quantité possible de cette lumière en restreignant le champ, les protubérances deviennent visibles, étant beaucoup moins affaiblies par dispersion que le rideau brillant qui les effaçait. Tel est le principe de la méthode très-ingénieuse, imaginée et mise en œuvre par M. le professeur Zöllner, pour voir en tout temps les protubérances solaires.

Des échantillons de dessins de protubérances accompagnent la communication de M. Zöllner et offrent un haut degré d'intérêt. Leurs formes viennent corroborer les conclusions de l'analyse spectrale au point de vue de leur nature gazeuse. Tout concourt à faire assimiler, au moins une partie d'entre elles, à des éruptions, à des bouffées de vapeurs, allant se dispersant vers leurs contours. Parfois le sommet de l'éruption retombe tout autour du jet gazeux central, parfois d'un seul côté; on peut voir aussi la masse gazeuse émergée rester suspendue au-dessus du cône d'émission. Quelle que soit d'ailleurs la forme de la protubérance, les changements d'aspect qu'elle subit dans l'espace de quelques minutes sont énormes.

Quant à leurs dimensions, elles sont relativement considérables, et s'élèvent jusqu'à deux minutes.

La possibilité de saisir ainsi à tout instant les apparences du contour du soleil ne pourra manquer de fournir des notions importantes pour l'étude de sa constitution. On peut. dès à présent. considérer comme vaine toute tentative de rapprochement entre les protubérances et les taches solaires. Nous croyons qu'il n'existe aucune connexion entre elles. ni directement par une coïncidence de fait. ni indirectement par quelque indice ou pronostic de production ultérieure.

E. G.

PHYSIQUE.

J. TYNDALL. NOTE SUR LA FORMATION ET LE PHÉNOMÈNE DES NUAGES. (*Philosophical Magazine*. août 1869.)

On sait que lorsqu'on fait le vide dans un récipient préalablement rempli d'air ordinaire desséché. il se produit. dès les premiers coups de pompe. un nuage dû à la précipitation de la vapeur aqueuse répandue dans l'air. On peut, comme cela se comprend. produire des nuages de la même manière avec des vapeurs d'autres liquides que l'eau.

Dans le cours de mes précédentes expériences sur l'action chimique de la lumière[1]. j'ai eu fréquemment l'occasion d'observer la formation de nuages de ce genre dans les tubes *expérimentaux* employés. J'ai même consacré plusieurs jours à l'examen de ce phénomène.

On produisait les nuages de deux manières. La première consistait à ouvrir la communication entre le tube expérimental plein d'air et la pompe pneumatique. puis à dilater simplement l'air en faisant marcher la pompe. Dans la seconde manière. on mettait le tube expérimental en commu-

[1] Voyez *Archives*, 1868, tome XXXIII, p. 317, et 1869, tome XXXIV, p. 156.

nication avec un récipient de dimension convenable, un robinet permettant d'intercepter ou d'établir la communication. On faisait d'abord le vide dans ce récipient, puis en tournant le robinet, l'air se précipitait hors du tube expérimental, et il s'y produisait un nuage. Au lieu de récipients spéciaux, on a habituellement employé les cylindres même de la machine pneumatique.

Avec quelques substances on peut, en refermant le tube expérimental, après chaque précipitation et en refaisant le vide dans les cylindres de la pompe, obtenir quinze ou vingt nuages successifs sans remplir de nouveau le tube expérimental. Les nuages ainsi précipités diffèrent les uns des autres en éclat lumineux : quelques-uns donnant une lumière blanche douce, d'autres brillant avec un éclat immédiat et surprenant. Il est évident qu'on doit attribuer cette diversité aux différents pouvoirs réflecteurs des particules composant les nuages qui sont produits à l'aide de substances présentant des indices de réfraction très-divers.

Différents nuages, en outre, possèdent des degrés de stabilité très-divers : quelques-uns se dissipent rapidement, tandis que d'autres restent pendant des minutes entières dans le tube expérimental, s'accumulant sur le fond pendant qu'ils se fondent comme un amas de neige. Les particules d'autres nuages circulent à travers le tube expérimental, comme si ils se mouvaient à travers un milieu visqueux. Rien n'excède la splendeur du phénomène de diffraction que présentent quelques-uns de ces nuages : la meileure manière de distinguer les couleurs consiste à regarder le long du tube, d'un point placé au-dessus, la figure tournée vers la source de lumière. Les mouvements différents, causés par le frottement contre la surface intérieure du tube, obligent souvent les couleurs à s'arranger en couches distinctes.

La différence de texture que j'avais remarquée dans différents nuages m'engagea à étudier d'un peu plus près que je ne l'avais fait auparavant le mécanisme de la formation des

nuages. Il faut un certain degré d'expansion pour produire le nuage : au moment précédant la précipitation, la masse d'air qui se refroidit et de vapeur, peut être considérée comme divisée en un certain nombre de petits polyèdres dont chacun donnera lieu à la formation d'une particule du nuage au moment de la précipitation. Il est clair que la dimension de la particule formée doit dépendre non-seulement de la grandeur du polyèdre de vapeur, mais aussi du rapport de la densité de la vapeur à celle du liquide. Si la vapeur est légère et le liquide pesant, toutes choses étant égales d'ailleurs, la particule nuageuse serait plus petite que si la vapeur était lourde et le liquide léger. Il y aurait évidemment plus de contraction dans un sens que dans l'autre. Ces considérations ont été confirmées par l'expérience. Le cas du toluol peut être pris comme type d'un très-grand nombre d'autres. La pesanteur spécifique de ce liquide est 0.85, celle de l'eau étant prise comme unité ; la pesanteur spécifique de cette vapeur est 3.26, celle de la vapeur aqueuse étant 0.6. Maintenant, comme la grandeur des particules nuageuses est directement proportionnelle à la pesanteur spécifique de la vapeur, et inversement proportionnelle à la pesanteur spécifique du liquide, un calcul facile démontre qu'en supposant que la dimension des polyèdres de vapeur est la même dans les deux cas, les particules du nuage de toluol seront plus de six fois plus grosses que les particules de nuages aqueux. Il est probablement impossible de vérifier ce résultat avec une exactitude numérique : mais la grossièreté relative du nuage de toluol est manifeste à l'œil nu.

Dans le fait la vapeur aqueuse est sans parallèle sous ce rapport : elle est la plus légère, non-seulement de toutes les vapeurs, dans l'acception ordinaire de ce mot, mais même de tous les gaz, à l'exception de l'hydrogène et de l'ammoniaque. C'est à cette circonstance qu'il faut attribuer la douce et moelleuse beauté des nuages de notre atmosphère.

On peut immédiatement reconnaître la *sphéricité* des particules nuageuses par leur apparence lorsqu'on les éclaire par un faisceau lumineux. La lumière qu'elles donnent, lorsqu'elles sont sphériques, est *continue ;* mais les nuages peuvent aussi être formés de flocons solides, et alors le scintillement continu des nuages montre que les particules sont *aplaties* et non sphériques. Dans un même nuage quelques parties peuvent être composées de particules sphériques et d'autres de flocons ; la différence se manifeste par le calme d'une partie du nuage et le scintillement de l'autre. Le scintillement de flocons de ce genre m'a rappelé les paillettes de mica du Rhône à son entrée dans le lac de Genève, lorsqu'elles sont éclairées par un soleil brillant.

V. Regnault. Mémoire sur la détente des gaz. (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*. 11 octobre 1869.)

M. Regnault a communiqué à l'Académie de Paris un mémoire étendu sur les nombreuses expériences qu'il a faites pour déterminer les pertes de chaleur qu'un gaz subit lorsqu'il se détend dans des conditions diverses. L'extrait publié dans les *Comptes rendus*, quoique occupant une vingtaine de pages, est loin de donner un résumé complet de ce grand travail. Avant la publication du mémoire original il serait difficile d'en donner une analyse suffisante. Nous nous bornons aujourd'hui à reproduire le passage suivant relatif à un point spécial.

« ..... En résumé, mes expériences avec les tubes capillaires en argent prouvent que, lorsqu'un gaz coule, même avec une très-grande vitesse, suivant des parois très-étendues, il n'y a pas de dégagement sensible de chaleur que l'on puisse attribuer au frottement des molécules gazeuses sur ces parois

« Cette conclusion est en opposition avec les idées généralement admises, et l'on peut citer beaucoup de faits qui semblent la contredire. J'indiquerai les plus importants.

« Un projectile, qui traverse l'air avec une grande vitesse, s'échauffe beaucoup. On attribue ce fait à la chaleur qui serait dégagée par le frottement du projectile contre les molécules de l'air qu'il traverse.

« Les bolides traversent notre atmosphère avec une extrême vitesse : ils s'échauffent ainsi jusqu'à devenir incandescents, jusqu'à fondre complétement, ou seulement à leur surface. On attribue encore ce fait à la chaleur dégagée par la friction contre les molécules gazeuses.

« Je crois que, dans les deux cas, le dégagement de chaleur provient d'une autre cause, et qu'il est dû uniquement *à la chaleur dégagée par la compression de l'air.*

« Lorsqu'un mobile traverse l'air avec une vitesse plus grande que celle du son, l'élasticité de l'air est annulée dans ses effets, et la compression produite par le mobile n'a pas le temps de gagner les couches contiguës avant que celles-ci soient comprimées à leur tour par le mobile. Par suite de cette inertie, l'air se trouve comprimé comme il le serait dans un briquet à air. La chaleur provenant de cette compression passera, en grande partie, dans le mobile, dont elle élèvera la température. Le mobile ne sera d'ailleurs pas influencé par la détente de l'air qui produit du froid, car cette détente ne se fera que quand il aura passé. Ainsi, suivant moi, le mobile, marchant avec la même vitesse, recueillera toujours la chaleur qu'il dégage en comprimant l'air, et il ne subira pas le refroidissement produit par la détente subséquente des couches d'air qu'il vient de traverser.

« Il est évident, d'ailleurs, que la compression de l'air sera d'autant plus énergique que le mobile sera doué d'une plus grande vitesse : la température du mobile s'élèvera donc successivement jusqu'à ce qu'elle soit égale à celle que prend

une couche d'air qui subit instantanément la même compression dans le briquet à air. On s'explique ainsi très-bien la très-haute température que prend un bolide qui traverse notre atmosphère avec une vitesse beaucoup plus considérable que la vitesse de propagation du son.

« Un échauffement du même genre, mais plus faible, se produira pour un mobile qui traversera l'air avec une vitesse moindre que celle du son. Dans ce cas encore, le mobile sera plus influencé par la chaleur dégagée par la compression qu'il ne le sera par la chaleur absorbée par la détente. Les deux effets se compenseront sensiblement quand le mobile aura une très-faible vitesse.

« Selon moi, il n'y a de chaleur dégagée par le frottement de deux corps que lorsque les molécules de l'un d'eux au moins ne sont pas absolument libres, c'est-à-dire quand elles sont sous l'influence d'une force quelconque d'agrégation. D'après nos observations, cette liberté absolue n'existerait réellement que dans les fluides immatériels, tels que l'éther qui transmet les vibrations lumineuses. Elle n'est pas parfaite dans nos gaz, et par cela seul le mouvement d'un gaz le long d'une paroi solide doit dégager une certaine quantité de chaleur qui résulte uniquement de la transformation en chaleur de la perte de force vive subie par les molécules pour vaincre leurs résistances intérieures. Mes expériences prouvent que cette quantité de chaleur est si petite pour l'air atmosphérique, qu'elle échappe à nos moyens d'observation.

« Les liquides présentent tous plus ou moins de viscosité, ce qui prouve que leurs molécules ne possèdent pas une mobilité parfaite. Le passage d'un liquide à travers un tube doit donc dégager une quantité sensible de chaleur par le frottement, et cette quantité doit varier pour les divers liquides. J'ai fait, à plusieurs reprises, des expériences à ce sujet, mais elles ne sont pas encore assez complètes pour que je puisse les publier.

« Enfin, dans les corps solides, surtout dans ceux qui jouissent d'une grande dureté, les molécules ont très-peu de mobilité; le frottement de ces corps les uns sur les autres peut donc produire un dégagement considérable de chaleur, même quand il n'y a pas désagrégation. En tout cas, la chaleur dégagée provient de la transformation d'un mouvement extérieur sensible en un mouvement vibratoire moléculaire autour de la position d'équilibre, qui ne se manifeste que par ses effets calorifiques : de sorte que le dégagement de chaleur par le frottement correspond toujours à une perte de force vive.

« La théorie mathématique suppose que les corps jouissent d'une élasticité parfaite : on l'admet implicitement dans l'établissement des équations primordiales. On suppose, en outre, que le mouvement ne peut pas changer de nature, ni se communiquer à d'autres milieux. Enfin, on ne tient pas compte de la matérialité des corps, car on ne tient compte nulle part des modifications que la pesanteur introduit dans les mouvements moléculaires. Pour l'éther, on n'a pas à s'occuper de la pesanteur; mais on reconnaît la modification que l'élasticité de l'éther subit dans les corps matériels transparents, parce qu'il est nécessaire de l'admettre pour expliquer la réfraction.

« D'après cela, les lois déduites de la théorie mathématique de l'élasticité ne doivent se vérifier absolument que pour les milieux qui jouissent de l'élasticité parfaite, et nous ne reconnaissons cette perfection que dans l'éther qui transmet les vibrations lumineuses. L'expérience nous montre que la vitesse de propagation dans l'éther est excessive relativement à celle que nous trouvons dans les corps matériels. Ne peut-on pas en conclure que, dans un milieu qui jouirait de l'élasticité absolument parfaite, la vitesse de propagation serait *infinie?* D'après cela, l'éther approcherait seulement beaucoup de cette perfection : il lui resterait encore de la matérialité

qui le laisse sous l'influence des corps matériels, et par suite de laquelle il pourrait offrir une résistance sensible au mouvement des astres qui le traversent.

« Quoi qu'il en soit, je pense que le degré de perfection élastique d'un corps peut s'apprécier par la vitesse avec laquelle il transmet un ébranlement. La vitesse de propagation est plus grande dans les solides que dans les liquides : elle est plus grande dans les liquides que dans les gaz. D'après cela, les gaz doivent s'écarter plus des lois mathématiques de l'élasticité que les liquides et que les solides : c'est en effet ce que l'expérience démontre. »

A. Kundt. Ueber die Schwingungen der Luftplatten. Sur les vibrations des lames d'air. (*Pogg. Ann.*, t. CXXXVII, p. 456.)

Le mode de vibrations des différents corps sonores a été étudié dans tous les cas où ces corps ne peuvent se dilater ou ce contracter que dans une seule direction. L'on connaît, en effet, les lois du mouvement vibratoire des tiges, des cordes et des colonnes liquides ou gazeuses. En revanche les mouvements vibratoires des corps susceptibles de se contracter et de se dilater suivant deux de leurs dimensions, n'ont été étudiées jusqu'ici que dans le cas des plaques et des membranes tendues. L'on ne savait donc rien encore du mode de vibration d'une mince couche de liquide ou de gaz. M. Kundt, usant de la méthode qu'il a employée avec tant de succès pour l'étude des vibrations d'une colonne gazeuse, s'est appliqué à reconnaître les mouvements d'une lame mince d'air. Il y est parvenu en produisant de nouvelles figures acoustiques à l'aide de poussières très-fines répandues dans l'intérieur de cette lame d'air. Ces figures, qui reposent sur le même principe que celles qu'il produisait pré-

cédemment dans des tubes, affectent ici des formes tout à fait analogues à celles des figures de lycopodes produites par Chladni sur des plaques vibrantes.

Une lame d'air n'est autre chose qu'une mince couche d'air comprise entre deux surfaces planes, parallèles, de forme et de dimensions quelconques. L'on peut donc distinguer les lames à bords libres, lesquelles communiquent sur tout leur pourtour avec l'air extérieur, et les lames à bords fermés.

Il n'y a aucun moyen d'exciter des mouvements vibratoires dans une lame d'air à l'aide d'une soufflerie, comme cela se pratique pour des tuyaux d'orgue; l'auteur s'est donc contenté d'exciter ses mouvements par l'intermédiaire d'une tige de verre qui était disposée de façon à ce que, lorsqu'on la faisait vibrer longitudinalement, elle venait frapper la lame d'air à sa partie supérieure, et lui communiquait de la sorte son mouvement oscillatoire.

L'appareil dont M. Kundt s'est servi pour exécuter ces expériences se composait de deux plaques de verre parallèles et horizontales. Dans le cas de la lame d'air à bords libres, la plaque supérieure était simplement séparée de la plaque inférieure par trois ou quatre cales en liége. Dans le cas où l'on voulait opérer sur une lame d'air enfermée de toutes parts, les plaques étaient fixées dans deux cadres en bois réunis par des vis, lesquelles servaient à les serrer contre un châssis disposé entre elles deux, et ayant l'épaisseur et la forme que l'on voulait donner à la lame d'air. Ce châssis était recouvert de drap ou de cuir, de manière à ce qu'on pût obtenir, en serrant les vis, une fermeture hermétique. La plaque supérieure était percée d'une ouverture sur laquelle était fixé un tube de verre. Dans ce tube enfin était renfermée la tige qui devait transmettre son mouvement vibratoire à la lame d'air; elle était fixée en son milieu dans un bouchon de liége qui fermait l'entrée du tube et elle se

prolongeait jusqu'à la surface supérieure de la lame d'air. Cette disposition était presque identiquement la même que celle que M. Kundt avait employée précédemment pour mettre en vibration une colonne gazeuse renfermée dans un tube.

Il s'agissait seulement de faire en sorte que la tige, destinée à exciter des mouvements vibratoires dans la lame, produisît un son identique à l'un de ceux que cette lame était capable de produire. M. Kundt employait à cet effet une baguette de verre, dont il coupait successivement de petits morceaux jusqu'à ce qu'il arrivât à réaliser cette condition, ce qui se reconnaissait aisément au fait qu'une poudre fine, répandue sur la plaque inférieure, se disposait en figures régulières aussitôt que l'on imprimait des vibrations longitudinales à la baguette après l'avoir convenablement réglée. L'auteur se procurait ainsi par tâtonnement une série de baguettes de verre correspondant aux différents sons que la lame d'air était susceptible de rendre.

La tige de verre porte à sa partie inférieure un bouchon de liége fermant presque complétement l'entrée du tube de verre. Suivant le son que l'on produit, il faut, pour obtenir des figures acoustiques bien nettes, tantôt amener ce bouchon à toucher exactement la surface supérieure de la lame, tantôt le retirer un peu au-dessus. On règle cette position par tâtonnement en enfonçant plus ou moins le bouchon dans lequel la tige est fixée.

La substance la plus convenable pour la production de ces nouvelles figures acoustiques est le liége réduit en poudre fine; l'on peut aussi employer de la silice, à condition qu'elle soit très-sèche; avec le lycopode l'on n'obtient pas toujours de très-bons résultats. Afin d'apercevoir clairement les figures ainsi produites, il convient de placer la plaque inférieure de l'appareil sur un fond noir.

Dans le travail auquel nous avons plusieurs fois déjà fait

allusion. M. Kundt avait démontré que les poussières fines répandues dans l'intérieur d'une colonne d'air en vibration, demeurent en repos aux nœuds de vibration où il se produit un changement de pression, mais point de déplacement de l'air, tandis que dans les ventres elles se dispersent en stries perpendiculaires à la direction du mouvement de l'air. Dans le cas d'une lame d'air, l'auteur obtint un résultat analogue. Sur les nœuds ou sur les lignes nodales, la poudre restait en repos ; partout ailleurs elle se disposait en stries, lesquelles étaient ici encore perpendiculaires à la direction du mouvement. Ces nouvelles figures acoustiques indiquent donc avec une parfaite précision les portions où l'air est en mouvement et la direction de ce mouvement.

M. Kundt n'a opéré jusqu'ici que sur des lames d'air circulaires, elliptiques et carrées. Dans une planche annexée à son mémoire, il a représenté un certain nombre de figures qu'il a obtenues. Elles ressemblent aux figures qui se produisent sur des plaques vibrantes. Les stries affectent généralement la forme de courbes fermées tangentes les unes aux autres. Il en est une, entre autres, dans laquelle les stries forment un très-grand nombre de cercles égaux et tangents les uns aux autres. De ce fait, l'auteur déduit l'existence de deux espèces de nœuds de vibration bien distinctes. Les uns que nous appellerons avec M. Kundt *nœuds de première classe* ou *nœuds simples*, sont des points où l'air est en repos, mais où la pression varie ; dans la figure dont nous venons de parler, les nœuds de première classe se trouvent, comme on le voit clairement, au centre de tous les cercles qui la composent ; les autres, que nous appellerons de même avec M. Kundt *nœuds de seconde classe* ou *nœuds doubles*, sont des points où l'air est également en repos, mais où la pression ne change pas. L'on a évidemment des nœuds de seconde classe dans chacun des intervalles qui séparent quatre quelconques des cercles de la figure ci-dessus : car, puisqu'il n'y a pas

mouvement de translation à travers cet intervalle, il faut évidemment que, sur ces quatre cercles, il y en ait au même moment deux qui se contractent et deux autres qui se dilatent, d'où il suit aussi qu'il n'y a point dans cet intervalle de variation de pression.

L'auteur a fait varier l'épaisseur de la lame vibrante de 3mm à 20mm ; mais il reconnut que son mode de vibration ne dépend nullement de cette épaisseur, mais seulement de la qualité du son rendu par la tige de verre.

Les figures acoustiques obtenues de la sorte par M. Kundt dans des lames d'air se rapprochent beaucoup pour leur apparence générale des figures produites par Chladni sur des plaques vibrantes ; elles en diffèrent cependant par un caractère essentiel, tandis que sur les plaques vibrantes les lignes nodales sont des courbes fermées tournant de diverses manières autour des ventres de vibration ; dans les figures de M. Kundt ce sont au contraire les zones de mouvement qui enveloppent les nœuds, et ceux-ci ne sont dans la grande majorité des cas que des points isolés, placés au centre de ces stries que nous avons vues être continuellement perpendiculaires à la direction du mouvement vibratoire.

M. Kundt a étudié dans un très-grand nombre de cas le mode de vibration d'une lame d'air ; on comprend néanmoins que le sujet est presque indéfini et que l'on peut faire varier de toute manière les conditions de ces expériences, aussi le travail dont nous rendons compte ici est-il destiné simplement à être une étude préliminaire et nécessairement fort incomplète de ces matières. Tel qu'il est, cependant, il a montré la parfaite réussite de la méthode de M. Kundt, et donné déjà des renseignements importants sur le mode de vibration des lames d'air.

E. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Dr Salbey. Ueber die structure, etc. Sur la structure et le mode de croissance des écailles chez les poissons. (*Archiv für Anatomie, Physiologie und wiss. Medizin.* 1868, n° 6, p. 729, avec une planche.)

M. Salbey a fait dans le laboratoire de M. Reichert des recherches sur la structure de la peau des poissons qui doivent entraîner de grandes modifications, surtout dans notre idée de la conformation et la croissance des écailles.

Les poissons présentent en général un toucher gluant que M. Louis Agassiz attribuait à une mucosité sécrétée par des glandes particulières. Toutefois M. Leydig a montré qu'il n'existe à la surface du poisson aucune glande muqueuse. La prétendue mucosité n'est en effet que la couche la plus superficielle de l'épiderme. Chez les vertébrés terrestres, les couches les plus superficielles de l'épiderme s'endurcissent pour former le *stratum corneum* qui s'écaille à la surface. Chez les poissons, les cellules superficielles de l'épiderme, au lieu de s'endurcir, absorbent de l'eau, deviennent de plus en plus molles et constituent le revêtement muqueux de la surface, qui s'enlève avec facilité. Le corium, placé directement sous l'épiderme, est formé essentiellement par deux systèmes croisés de faisceaux connectifs. Il renferme de nombreuses poches dans chacune desquelles est logée une écaille.

On sait que les écailles cténoïdes et les cycloïdes présentent de nombreuses raies concentriques que M. Agassiz a interprétées comme le bord des couches superposées qui constituent l'écaille. Cette manière de voir, généralement admise aujourd'hui, est pourtant complétement inexacte, comme M. Salbey le démontre d'une manière péremptoire à l'aide de coupes verticales. Les stries sont dues à une série de crêtes irrégulières

qui appartiennent toutes à la couche superficielle de l'écaille. La couche plus profonde, beaucoup plus épaisse, est formée par une série de lamelles superposées de deux substances. Les lames les plus épaisses sont incolores et brillantes ; les plus minces sont jaunâtres et peu transparentes : les premières sont calcaires, les secondes sont formées par une sorte de cément privé de sels de chaux. Les lames calcaires étant généralement plus épaisses chez les vieux individus que chez les jeunes, il est probable que leur augmentation d'épaisseur a sa cause dans une incrustation graduelle des couches de cément interposées. La croissance de l'écaille s'explique par le fait qu'il se forme périodiquement un dépôt de sels calcaires dans la partie du corium qui est immédiatement appliqué contre la surface inférieure de l'écaille. Cette couche incrustée devient pour un temps la lame la plus profonde de l'écaille. Puis il se dépose une couche de cément entre cette lame calcaire et le corium. Cette formation alternative de couches calcaires et non calcaires se répète un grand nombre de fois.

En outre des lignes concentriques, les écailles présentent des raies qui rayonnent du centre à la périphérie : ce sont les « canaux longitudinaux » de Mandl, les « sillons en éventail » de M. Agassiz, les « sutures » de M. Peters. Le nom proposé par M. Agassiz est peut-être le meilleur, en ce sens que les raies correspondent bien à des sillons de la surface. Mais du fond de ces sillons partent de véritables cloisons de cément non incrusté qui traversent toute l'épaisseur de l'écaille et la divisent en un certain nombre de segments. Par leur incrustation partielle, ces rayons de cément peuvent servir à l'élargissement de l'écaille. Au centre du système de lignes concentriques de la surface de l'écaille, est une région d'apparence particulière que M. Agassiz désigne comme « centre de l'accroissement, » et Mandl comme « foyer, » et il entend par là : foyer de nutrition. M. Agassiz considère cette

région comme la partie la plus ancienne de l'écaille dont les couches seraient usées. Sur le premier chef, celui de l'ancienneté, il a indubitablement raison. Sur le second, il n'en est pas de même. Si les aspérités sont moins saillantes dans cette partie de l'écaille, c'est qu'elles datent d'une époque où le poisson était plus petit. E. C.

—

BOTANIQUE.

D. MOORE et Alex.-Goodman MORE. CONTRIBUTIONS TOWARDS A CYBELE HIBERNICA. Un vol. in-8°. Dublin, 1866.

La publication de la première partie d'un supplément de la *Cybele britannica*, de M. H.-C. Watson[1], nous engage à dire quelques mots de l'ouvrage analogue publié en 1866 par MM. D. Moore et Alex.-G. More, sur la distribution géographique des plantes d'Irlande. Le titre de *Contribution* est plus modeste qu'il ne convient à un ouvrage aussi bien travaillé. Sans doute les auteurs ont voulu dire que les documents n'étaient pas encore suffisants, et qu'on aurait plus tard (il faut espérer par leurs soins) un résumé complet de la géographie botanique irlandaise: cependant le volume actuel est déjà une excellente base pour la comparaison des flores de l'Europe occidentale, et il serait bien à désirer qu'on eût des ouvrages de cette nature relatifs à la France, l'Allemagne, l'Italie et autres pays suffisamment explorés. Le plan d'une *Cybele* n'est pas celui d'une Flore. C'est un genre d'ouvrage, imaginé par M. Watson, dans lequel, au lieu de répéter les caractères des espèces qui sont dans toutes les Flores, on indique d'une manière détaillée et méthodique les faits concernant la distribution géographique. Le pays est divisé en districts ou provinces d'une étendue à peu

[1] Compendium of the Cybele britannica, part. 1, 200 pag. Thames Ditton, 1868. Publié par l'auteur.

près égale, et la présence ou l'absence de chaque espèce de chacune de ces divisions, ainsi que les limites extrêmes en latitude et altitude, sont données d'après les flores locales et les herbiers, aussi clairement que possible, avec les notes ou discussions qui peuvent se présenter pour telle ou telle espèce. En un mot, la partie descriptive supposée connue, les circonstances géographiques et topographiques sont données avec les preuves à l'appui.

L'ouvrage de MM. Moore et More répond très-bien à ces desiderata, et si, comme nous avons lieu de le croire, la rédaction même en est due surtout à M. Alex. More, elle lui fait honneur, car le texte et les tableaux sont très-clairs, faciles à consulter, et excellents comme termes de comparaison avec la *Cybele britannica* de M. Watson.

L'Irlande est divisée en douze districts, dont on voit les limites dans la carte coloriée qui est en tête. Ces districts portent des numéros, et dans le texte on voit nettement jusqu'où chaque espèce s'étend, au nord et au midi, à l'est et à l'ouest. Au premier coup d'œil on juge de l'habitation et du degré de fréquence. Par exemple, le *Senebiera Coronopus* a été trouvé dans onze districts. Au contraire le *Crambe maritima* n'a été vu que dans les districts 1, 5 et 6, 11 et 12, ce qui montre une espèce rare, dont l'habitation est coupée, quoique neuf des districts irlandais touchent à la mer. La carte indique par des lignes sinueuses les habitations des singulières espèces qui distinguent la flore d'Irlande et qui ont donné lieu, depuis Édouard Forbes, à des théories extrêmement intéressantes. Dans le sud-ouest se trouvent les *Arbutus Unedo*, *Pinguicula grandiflora*, etc., dans l'ouest les *Dabœcia*, plusieurs *Erica*, etc., communs avec le Portugal et les Açores, ou qu'on regarde comme les restes d'une ancienne végétation de pays qui ont disparu. L'*Eriocaulon septentrionale*, commun à l'Irlande et à l'Amérique du Nord, présente une limite extrêmement bizarre le long des côtes de l'ouest et au

nord de l'île. Les espèces d'origine étrangère, de diverses catégories, sont indiquées par des signes.

Nous dirons enfin que l'introduction présente un bon résumé du climat et des principaux faits de géographie botanique, et que, dans la préface, on trouve une liste des ouvrages relatifs à la flore d'Irlande qui n'est pas sans intérêt, surtout à l'étranger, au point de vue bibliographique.

Alph. DC.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS D'OCTOBRE 1869.

Le 1er, à 7 h. du soir éclairs au NO.

2, quelques coups de tonnerre lointains au SSO, de 2 1/2 à 3 1/4 h.; l'orage passe au S. de l'Observatoire. Un second orage accompagné d'éclairs et de tonnerres, plus rapproché que le précédent, mais suivant la même direction, éclate un peu avant 4 h.: tonnerres jusqu'à 4 1/4 h.

5, rosée le matin.

7, forte rosée le soir.

10, brouillard le matin.

12, forte rosée le matin à 6 h., ciel clair; puis à 6 1/2 h. brouillard jusqu'à 9 1/4 h.

13, forte rosée le matin, léger brouillard; couronne lunaire et halo lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

16, halo solaire partiel de 7 1/2 à 10 h. du matin, dans la soirée couronne lunaire et halo lunaire.

17, éclairs et tonnerres de 9 1/4 à 10 1/4 h. du matin: l'orage passe du NO. au S. et atteint sa plus grande intensité à 9 1/2 h., une forte averse à ce moment.

18, la première neige de la saison est tombée pendant la nuit sur les montagnes des environs jusqu'à la hauteur du Piton.

19, gelée blanche, la première de la saison, minimum + 1°,4: de 7 1/4 à 8 1/2 h. du matin, on voit les deux parhélies sur le halo ordinaire, celui de gauche le plus rapproché du S. était beaucoup plus brillant que l'autre.

20, il est encore tombé de la neige sur les montagnes, qui a pris pied jusqu'à la demi-hauteur du Salève: couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée: forte bise depuis le 20 à 8 h. du matin jusqu'au 23 à 6 h. du soir.

24, minimum au-dessous de 0 pour la première fois dans la saison.

26, gelée blanche.

27, il est tombé du gresil pendant la nuit et dans la matinée, vers 8 h., de la neige, qui est restée pendant quelques heures sur le sol. Le soir à 6 h. il est tombé de nouveau de la neige, qui a atteint une hauteur de 50mm et qui n'a entièrement disparu dans les endroits exposés au N. que le 31 dans l'après-midi. Le 28, le thermomètre est resté pendant presque toute la journée au-dessous de 0 et le minimum s'est abaissé à − 6°,6.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 10 h. matin	728,87
4 à 10 h. matin	732,53
7 à 10 h. soir	735,15
12 à 8 h. matin	736,06
17 à 10 h. soir	725,24
22 à 10 h. soir	732,94

MINIMUM.

	mm
Le 2 à 3 h. 10 m. après-midi	725,38
5 à 4 h. après-midi	729,09
9 à 4 h. après-midi	730,60
17 à 7 h. matin	717,73
19 à 4 h. après-midi	716,76
27 à 5 h. après-midi	719,26

GENÈVE. — OCTOBRE 1869.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 h.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale	Température C. Moyenne des 24 heures	Température C. Écart avec la temp. normale.	Température C. Minim.	Température C. Maxim.	Tension de la vap. Moy. des 24 h.	Tension de la vap. Écart avec la tension normale.	Fract. de saturation en millièmes. Moy. des 24 h.	Fract. de saturation. Écart avec la fraction norm.	Fract. de saturation. Minim.	Fract. de saturation. Maxim.	Pluie ou neige. Eau tomb. d. les 24 h.	Pluie ou neige. Nomb. d'h.	Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône. Midi.	Temp. du Rhône. Écart avec la temp. normale.	Limnimètre à 11 h.
	millim.	millim.	0	0	0	0	millim.	millim.					mm.				0		cm.
1	727,83	+ 1,11	+15,36	+3,07	+12,0	+20,0	9,99	+1,24	772	— 42	660	840	...	...	N. 1	0,30	17,7	+ 1,9	152
2	727,05	+ 0,36	+14,02	+1,89	+ 8,7	+20,1	9,17	+0,49	768	— 48	580	960	1,7	1	SSO. 1	0,60	17,4	+ 1,8	147
3	729,24	+ 2,58	+14,15	+2,18	+13,0	+17,0	8,36	—0,25	723	— 94	510	820	1,4	5	SSO. 2	0,90	—	—	145
4	731,87	+ 5,24	+13,53	+1,72	+10,0	+18,7	8,52	—0,02	762	— 57	550	880	...	...	N. 1	0,44	15,2	— 0,2	143
5	730,42	+ 3,52	+10,58	—1,07	+ 5,3	+17,9	7,83	—0,64	819	— 1	620	970	...	...	N. 1	0,20	15,4	+ 0,1	141
6	731,67	+ 5,10	+11,13	—0,36	+ 7,5	+15,1	7,85	—0,55	803	— 19	570	940	...	...	NNE. 1	0,47	15,9	+ 0,7	139
7	734,10	+ 7,56	+10,20	—1,12	+ 6,0	+14,7	8,01	—0,32	866	+ 42	690	1000	...	...	NNE. 1	0,52	16,0	+ 0,9	137
8	734,04	+ 7,53	+11,52	+0,36	+ 8,1	+18,2	8,90	+0,64	880	+ 55	680	940	...	...	N. 1	0,66	15,9	+ 0,9	136
9	731,81	+ 5,32	+15,29	+4,30	+10,2	+21,3	9,77	+1,58	765	— 62	510	890	...	...	N. 1	0,26	16,2	+ 1,3	135
10	732,67	+ 6,20	+12,17	+1,34	+ 8,5	+15,6	9,62	+1,50	907	+ 79	770	970	...	...	variable	0,73	—	—	133
11	734,23	+ 7,78	+14,09	+3,43	+11,0	+19,1	9,67	+1,62	828	— 1	620	950	...	...	variable	0,34	16,4	+ 1,8	130
12	735,04	+ 8,61	+12,01	+1,52	+ 6,9	+18,6	8,93	+0,95	857	+ 27	600	1000	...	...	N. 1	0,26	16,5	+ 2,0	128
13	733,99	+ 7,58	+12,98	+2,66	+ 5,4	+21,1	7,68	—0,23	710	—121	400	1000	...	...	SSO. 1	0,29	16,4	+ 2,0	126
14	730,30	+ 3,91	+12,62	+2,47	+ 9,3	+16,8	8,36	+0,53	774	— 58	660	810	0,4	1	SSO. 1	0,72	16,0	+ 1,7	123
15	728,42	+ 2,05	+ 9,67	—0,31	+ 5,5	+16,1	5,70	—2,05	666	—167	430	850	...	...	SSO. 1	0,08	15,9	+ 1,8	120
16	724,84	— 1,52	+11,62	+1,81	+ 5,0	+17,3	6,22	—1,45	626	—208	410	840	...	...	SSO. 2	0,42	15,8	+ 1,8	118
17	720,93	— 5,43	+ 9,65	+0,01	+ 5,2	+16,5	7,65	+0,06	888	+ 53	720	960	18,0	8	SSO. 4	0,99	—	—	117
18	722,54	— 3,82	+ 6,00	—3,47	+ 3,4	+11,8	4,91	—2,60	738	— 98	480	930	...	...	SO. 1	0,23	13,1	— 0,6	116
19	717,63	— 8,72	+ 6,10	—3,20	+ 1,4	+11,7	5,57	—1,86	799	— 37	580	950	10,9	8	SSO. 1	0,81	13,2	— 0,4	115
20	724,43	— 1,92	+ 5,76	—3,37	+ 4,3	+ 8,3	4,48	—2,87	680	—157	460	950	...	...	NNE. 3	0,74	12,9	— 0,6	114
21	727,45	+ 1,10	+ 6,97	—1,99	+ 5,3	+ 9,5	4,22	—3,05	594	—243	430	660	...	...	NNE. 3	0,60	12,9	— 0,5	113
22	731,36	+ 5,01	+ 5,69	—3,10	+ 4,1	+ 9,5	4,05	—3,14	622	—216	480	760	...	...	N. 3	0,31	12,7	— 0,5	112
23	732,08	+ 5,74	+ 3,48	—5,13	+ 1,4	+ 8,0	3,42	—3,69	626	—212	420	880	...	...	NNE. 2	0,13	12,2	— 0,9	111
24	730,88	+ 4,54	+ 3,40	—5,04	— 0,2	+ 7,0	4,10	—2,93	725	—114	480	870	...	...	variable	0,93	—	—	108
25	728,98	+ 2,64	+ 5,94	—2,33	+ 3,1	+11,0	5,25	—1,70	769	— 70	590	870	0,1	1	NNE. 1	0,39	12,0	— 0,8	106
26	725,51	— 0,83	+ 4,21	—3,89	— 1,1	+10,0	4,26	—2,61	702	—138	430	970	...	...	SSO. 1	0,76	12,7	0,0	105
27	722,30	— 4,04	+ 0,86	—7,06	— 1,0	+ 5,3	3,53	—3,26	768	— 72	430	980	2,8	3	SSO. 2	0,86	12,0	— 0,6	104
28	723,95	— 2,39	— 2,34	-10,09	— 6,6	+ 1,0	3,54	—3,18	914	+ 73	770	950	0,1	1	SSO. 1	0,97	11,5	— 1,0	102
29	725,61	— 0,74	+ 0,26	—7,31	— 0,9	+ 2,9	3,91	—2,74	864	+ 23	690	970	...	...	NNE. 2	0,92	11,7	— 0,6	100
30	729,29	+ 2,94	— 0,90	—8,30	— 3,4	+ 3,4	3,43	—3,15	836	— 6	620	970	...	...	variable	0,43	7,8	— 4,4	98
31	734,20	+ 7,85	— 1,48	—8,71	— 5,8	+ 3,8	3,23	—3,28	817	— 25	520	960	...	...	variable	0,24	—	—	97

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	730,94	731,51	731,70	731,21	730,61	730,41	730,85	731,40	731,78
2e «	727,26	727,64	727,73	727,30	726,88	726,67	727,11	727,33	727,39
3e «	728,17	728,70	728,82	728,42	727,94	727,84	728,34	728,60	728,90
Mois	728,77	729,27	729,40	728,96	728,46	728,29	728,75	729,09	729,34
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+10,37	+12,03	+14,39	+15,51	+16,41	+16,03	+14,37	+12,78	+11,63
2e «	+ 7,42	+ 8,61	+11,65	+13,43	+14,19	+13,45	+11,47	+ 9,80	+ 8,49
3e «	+ 0,69	+ 1,47	+ 3,15	+ 5,07	+ 5,51	+ 4,90	+ 3,40	+ 2,74	+ 1,65
Mois	+ 5,98	+ 7,18	+ 9,52	+11,13	+11,83	+11,25	+ 9,54	+ 8,25	+ 7,08
Tension de la vapeur.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	8,23	8,50	8,92	8,82	9,12	9,26	9,38	9,23	8,92
2e «	6,98	7,20	7,76	7,28	6,98	6,63	6,92	6,92	6,75
3e «	4,12	4,26	4,20	3,83	3,70	3,73	4,08	4,10	4,18
Mois	6,37	6,58	6,87	6,55	6,51	6,45	6,71	6,67	6,54
Fraction de saturation en millièmes.									
1re décade	878	814	736	670	665	686	766	846	872
2e «	895	845	736	618	574	575	684	751	807
3e «	855	842	734	585	552	578	705	748	815
Mois	875	834	735	623	595	612	718	781	831

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 8,93	+17,86	0,51	16,21	3,1	140,8
2e «	+ 5,74	+15,73	0,49	15,13	29,3	120,7
3e «	— 0,46	+ 6,49	0,60	11,72	3,0	105,1
Mois	+ 4,57	+13,14	0,53	14,28	35,4	121,6

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 1,16 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 13°,3 O., et son intensité est égale à 10,6 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS D'OCTOBRE 1869.

Le 1, brouillard tout le jour.
2. id. jusqu'à 4 h. de l'après-midi.
3. id. depuis midi.
4. id. à peu près toute la journée.
9, id. id.
10, id. depuis midi.
14,16. id. une partie de la journée.
19, id. jusqu'à 10 h. du matin.
20,21.22 id. tout le jour. Le 23 le lac a été complétement couvert de glace.
25, id. toute la journée.
27,29, id. la plus grande partie de la journée. Le peu de neige tombée le 26 et le 27 a été emportée par le vent.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.	mm	MINIMUM.	mm
Le 1 à 10 h. soir	569,35	Le 2 à 4 h. après-midi	566.02
4 à midi	569,04	5 à 6 h. soir	567,44
8 à 10 h. soir	573,39	9 à 2 h. après-midi	570.61
12 à 10 h. soir	573.38	19 à 2 h. après-midi	555,06
24 à 6 h. matin	565.22	27 à 6 h. soir	553,13

SAINT-BERNARD. — OCTOBRE 1869.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	568,69	+ 2,83	567,56	569,35	+ 4,14	+ 2,63	+ 3,5	+ 5,4	.....	.....	....	SO. 2	0,45
2	567,21	+ 1,44	566,02	568,13	+ 2,16	+ 0,80	+ 0,3	+ 3,8	....	6,5	5	SO. 2	0,88
3	567,61	+ 1,93	566,92	568,32	+ 1,60	+ 0,39	0,0	+ 4,4	.....	.....	....	SO. 1	0,87
4	568,75	+ 3,16	568,03	569,04	+ 0,78	— 0,28	0,0	+ 2,4	.....	....	....	NE. 1	0,86
5	567,70	+ 2,20	567,44	568,11	+ 2,68	+ 1,77	— 1,5	+ 5,6	.....	.....	....	NE. 1	0,00
6	569,63	+ 4,22	568,14	570,83	+ 4,43	+ 3,67	+ 1,9	+ 5,8	.....	.....	....	NE. 1	0,24
7	572,08	+ 6,76	571,20	572,72	+ 6,57	+ 5,96	+ 3,8	+ 8,0	.....	.....	....	NE. 1	0,01
8	572,91	+ 7,67	572,38	573,39	+ 7,50	+ 7,03	+ 5,8	+ 9,4	.....	.....	....	NE. 1	0,56
9	571,13	+ 5,98	570,61	571,71	+ 3,93	+ 3,61	+ 3,0	+ 6,0	.....	2,7	4	NE. 3	0,82
10	571,19	+ 6,13	570,68	571,80	+ 2,76	+ 2,59	+ 1,6	+ 5,0	.....	.....	....	SO. 1	0,58
11	572,50	+ 7,53	571,75	573,04	+ 2,29	+ 2,27	+ 0,4	+ 6,2	.....	.....	....	SO. 1	0,31
12	572,88	+ 8,00	572,50	573,38	+ 3,87	+ 4,01	+ 0,2	+ 6,2	.....	.....	....	variable	0,00
13	571,97	+ 7,18	571,49	572,73	+ 3,34	+ 3,64	+ 0,8	+ 6,8	.....	.....	....	NE. 1	0,03
14	567,74	+ 3,04	566,93	569,35	+ 1,28	+ 1,73	+ 0,6	+ 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,65
15	565,95	+ 1,34	565,80	566,14	+ 0,34	+ 0,94	— 2,8	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,12
16	564,98	+ 0,46	564,48	565,58	— 0,67	+ 0,08	— 1,8	+ 0,2	.....	.....	....	SO. 2	0,76
17	560,75	— 3,69	559,95	562,33	— 1,52	— 0,61	— 5,0	+ 1,3	.....	.....	....	SO. 1	1,00
18	558,93	— 5,43	558,60	559,30	— 2,96	— 1,89	— 9,4	+ 1,3	.....	.....	....	SO. 1	0,01
19	555,75	— 8,53	555,06	556,87	— 4,24	— 3,02	— 5,8	— 1,2	.....	....	....	SO. 1	0,59
20	558,63	— 5,57	556,81	559,32	— 7,27	— 5,90	— 8,2	— 6,2	.....	.....	....	NE. 3	0,84
21	561,26	— 2,86	559,19	562,80	— 8,63	— 7,11	— 9,8	— 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,85
22	563,48	— 0,56	562,83	564,25	— 9,15	— 7,48	—10,8	— 6,8	.....	.....	....	NE. 2	0,78
23	564,79	+ 0,83	564,31	565,16	— 5,64	— 3,81	— 9,7	— 2,4	.....	.....	....	NE. 1	0,01
24	564,21	+ 0,33	563,40	565,22	— 6,42	— 4,44	— 7,5	— 4,7	.....	.....	....	NE. 1	0,32
25	563,44	— 0,36	563,21	563,73	— 5,42	— 3,29	— 6,2	— 3,4	...	.....	....	NE. 2	0,74
26	559,87	— 3,85	557,47	561,61	— 4,10	— 1,82	— 6,8	+ 0,5	.....	.....	....	NE. 1	0,38
27	553,94	— 9,71	553,13	555,14	—13,54	—11,11	—14,6	—12,4	.....	.....	....	NE. 3	0,63
28	554,29	— 9,29	553,83	554,75	—15,72	—13,14	—17,2	—13,2	20	12,0	12	NE. 2	0,88
29	557,17	— 6,34	555,39	558,45	—14,15	—11,42	—16,2	—12,2	.....	.....	....	variable	0,76
30	559,16	— 4,28	557,54	561,43	—15,75	—12,87	—17,4	—12,8	.....	.....	....	NE. 1	0,18
31	564,56	+ 1,19	562,57	566,18	—12,76	— 9,74	—14,4	— 8,9	.....	...	....	NE. 1	0,00

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS D'OCTOBRE 1869.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	569,22	569,57	569,81	569,77	569,62	569,52	569,73	569,96	570,21
2e »	565,27	565,21	565,29	565,03	564,81	564,72	564,82	565,01	565,12
3e »	560,12	560,33	560,51	560,51	560,49	560,60	560,73	560,92	561,05
Mois	564,72	564,89	565,05	564,96	564,83	564,81	564,95	565,16	565,32
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,25	+ 3,50	+ 4,57	+ 4,89	+ 5,11	+ 4,49	+ 3,67	+ 3,37	+ 3,13
2e »	— 2,29	— 1,28	+ 0,25	+ 1,25	+ 1,50	+ 0,94	— 0,38	— 1,28	— 1,64
3e »	—11,16	—10,83	— 9,25	— 8,35	— 8,37	— 8,83	—10,20	—10,05	—10,36
Mois	— 3,97	— 3,13	— 1,73	— 0,98	— 0,84	— 1,13	— 2,30	— 2,65	— 2,96

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	+ 1,84	+ 5,58	0,53	9,2	—
2e »	— 3,10	+ 2,06	0,43	—	—
3e »	—11,87	— 7,53	0,50	12,0	20
Mois	— 4,62	— 0,21	0,49	21,2	20

Dans ce mois, l'air a été calme 1 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 2,79 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 60,9 sur 100.

* Voir la note du tableau

LA

FLORE MIOCÈNE DU SPITZBERG

PAR

M. le Professeur **OSWALD HEER**

(Communication lue à la Société helvétique des Sciences naturelles, réunie le 23 août 1869 à Soleure.)

Pendant l'été de 1868 MM. Malmgren, Nordenskiold et Nauerhoff, membres de l'expédition suédoise envoyée au Pôle nord, ont recueilli dans l'île des Ours et au Spitzberg une très-grande quantité de plantes fossiles, qui m'ont été envoyées en communication et dont l'étude m'a été confiée. Ces plantes appartiennent à deux époques bien différentes qui sont séparées par une période immense, à l'époque carbonifère et à l'époque miocène ; leur découverte vient jeter un nouveau jour sur la flore de chacune de ces deux formations. Je me bornerai, pour le moment, à donner quelques détails sur la flore *miocène* du Spitzberg.

On comprend sous le nom de Spitzberg un archipel situé entre le 77° et le 80 $^{1}/_{2}$° de latitude nord, dont l'accès est très-difficile. A l'est, la plus grande partie des côtes est toujours couverte par les glaces et l'intérieur des terres est occupé par des glaciers immenses, du milieu desquels s'élèvent des pics hauts de 4000 pieds au-dessus du niveau de la mer. En revanche, sur la côte ouest, la mer tempérée par le Gulfstream reste libre pendant une grande partie de l'année. Des fiords nombreux

s'enfoncent profondément dans les terres ; les glaciers arrivent jusque sur leurs rivages et précipitent constamment dans les eaux d'énormes montagnes de glace. Tel est le cas pour le fiord nommé Kingsbai (79° lat. N.) ; il est entouré de glaciers immenses au-dessus desquels s'élancent dans les airs des pics de glace gigantesques. Les fiords, qui portent le nom d'Eisfiord et de Oellsund, sont entourés au nord par des glaciers semblables, tandis que, vers le sud, la neige fond en été sur leurs rivages et la terre se couvre d'un tapis de plantes alpines. Le long de ces deux fiords se trouvent des rochers formés d'un grès grisâtre qui ressemble beaucoup à la molasse : ils renferment des dépôts de lignites assez importants. Parmi les végétaux, dont ils nous ont conservé les débris, on compte 23 espèces de plantes qui se retrouvent également dans la formation miocène inférieure de l'Europe et nous indiquent ainsi à quel âge il faut faire remonter le dépôt de ces grès.

Un autre gisement de plantes fossiles, de beaucoup le plus important, est situé à l'extrémité sud-ouest de l'Eisfiord, par 78° de latitude nord. Là s'élève un promontoire, nommé cap Starastschin par M. Nordenskiold. Le savant professeur a voulu par là rappeler le souvenir d'un homme extraordinaire, d'un Russe, chasseur de rennes, qui a passé 15 ans sans interruption au Spitzberg. D'après les calculs de M. Grove, consul anglais à Hammerfest, il doit avoir passé en tout 39 hivers dans ces régions inhospitalières. Cet homme semble avoir voulu par là donner un démenti formel à M. le Dr Mohr, lequel, il n'y a pas longtemps encore, prétendait qu'aucun homme ne pouvait hiverner au Spitzberg, et que tous les essais qui avaient été faits s'étaient terminés d'une manière fa-

tale. Les pêcheurs de baleine norwégiens qui visitaient chaque année ce Robinson arctique, parlent de lui comme d'un petit vieillard à cheveux blancs, à l'esprit allègre, qui passait bien son temps pendant sa vie solitaire au milieu des glaciers, et qui probablement dormait comme une marmotte pendant une bonne partie de la nuit d'hiver qui, à ces latitudes, dure pendant quatre mois. En été, le cap Starastschin et les rives du golfe qui l'avoisine se couvrent d'un tapis de verdure où viennent paître de nombreux troupeaux de rennes. Dans cette localité, les grès miocènes dont j'ai parlé, sont recouverts de schistes noirs au-dessus desquels se trouvent des lignites. Les plantes renfermées dans le grès proprement dit sont mal conservées ; son grain est trop grossier et il ne se divise pas d'une manière favorable. En revanche, dans les schistes noirs, qui se débitent facilement en minces feuillets, les parties les plus délicates des plantes se sont parfaitement conservées, seulement elles ne ressortent pas très-facilement sur la surface noire. On ne peut obtenir de grandes pièces, à cause de la friabilité de la pierre, primitivement, sans nul doute, une argile très-fine, entièrement imprégnée de matières charbonneuses : elle passe insensiblement aux lignites.

M. Nordenskiold et ses compagnons ont rapporté du cap Starastchin environ 1000 échantillons de plantes fossiles, parmi lesquelles j'ai reconnu 146 espèces. Le gisement du fiord Kingsbai (79° lat.) est beaucoup plus pauvre en espèces ; les 500 échantillons, qui en ont été rapportés, appartiennent à 16 espèces seulement ; une espèce d'*Equisetum* (*Equis. arcticum*) est en particulier très-abondante, elle est très-voisine de notre *Equis. limosum*. Ce fait indique qu'il y avait là un marais entièrement

rempli de prêles, commes nous en voyons un si grand nombre de nos jours.

Le total des espèces trouvées dans les divers gisements miocènes du Spitzberg se monte à 131 [1], dont 123 sont des plantes phanérogames et 8 des plantes cryptogames. Ces dernières appartiennent à divers genres de champignons, de mousses, d'algues, de fougères et d'équisétacées.

Parmi les plantes phanérogames on trouve 26 espèces de conifères et 31 espèces de plantes monocotylédones. Le nombre des espèces de conifères est remarquablement élevé; en effet, l'Allemagne et la Suisse n'en possèdent ensemble que 15 espèces, et le nombre de celles qui se trouvent dans l'Europe centrale est loin d'égaler celui des espèces miocènes du Spitzberg. Parmi ces 26 espèces, 5 appartiennent à la famille des Cupressinées, 5 aux Taxinées, 1 aux Ephédrinées et 17 aux Abiétinées, trois de ces dernières sont encore mal connues.

Entre les Cupressinées il faut citer en première ligne deux espèces, le *Taxodium distichum* et le *Libocedrus Sabiniana*, Heer : elles sont représentées chacune par un grand nombre d'exemplaires. Les rameaux élégants du *Taxodium* sont en particulier très-abondants et parfaitement conservés, ils portent encore des chatons mâles et femelles; les cônes parvenus à l'état de maturité n'ont, à la vérité, pas conservé leur forme, mais leurs écailles et les graines qu'elles protégeaient, sont si bien conservées, qu'il nous a été possible d'établir par une comparaison minutieuse, que le *Taxodium* miocène du Spitzberg est

[1] Ces espèces sont décrites et figurées dans un mémoire spécial sur la flore miocène du Spitzberg qui paraîtra dans les Mémoires de l'Académie des Sciences de Stockholm.

identique dans tous ses organes au *Taxodium distichum*; ce dernier ne se trouve plus maintenant qu'en Amérique, en particulier dans la Géorgie et dans la Caroline du Sud où il est abondant et peuple les marécages. Le *Libocedrus Sabiniana* est une espèce perdue très-élégante; elle est voisine d'une espèce du même genre qui se trouve sur les montagnes du Chili, ses rameaux sont toujours opposés et ses graines sont bordées d'une aile oblique. Cette espèce, ainsi qu'une autre, plus rare, le *Libocedrus gracilis*, Heer, provient de l'Eisfiord. Une troisième, qui appartient à un genre voisin, le *Thuites Ehrenswardi* a été rencontrée dans la Kingsbai, elle arrivait donc jusq'au 79° lat. N.

Les Abiétinées présentent une très-grande variété de formes. Les espèces appartiennent, soit au genre *Pinus*, le seul qui existe actuellement en Europe, soit au genre *Sequoia*. Le *Sequoia Langsdorfii*, généralement répandu à l'époque miocène et abondant en particulier dans le Grœnland septentrional, manque au Spitzberg; il s'y trouvait remplacé par une espèce nouvelle, le *Sequoia Nordenskioldi*, Heer, qui s'en distingue par ses rameaux, ses feuilles, ses cônes et ses graines. Cet arbre était très-abondant au Spitzberg, autant que le *Taxodium distichum*, et nous pouvons nous le représenter exactement, grâce à l'état de conservation parfaite de ses débris fossiles. Les pins sont singulièrement nombreux : sauf les cèdres et les mélèzes, nous retrouvons tous les types principaux de ce grand genre. Deux espèces appartiennent aux sapins à aiguilles bigéminées, l'une d'entre elles est identique au *Pinus montana*, Mill., l'autre n'existe qu'à l'état fossile. Parmi les espèces à aiguilles trigéminées nous avons reconnu le *Pinus cycloptera*, Sap. : le *Pinus stenoptera* et le *Pinus macrosperma* ont leurs aiguilles

groupées cinq par cinq. Le groupe des sapins *(abies)* est représenté par trois espèces, et parmi celles-ci il faut citer notre sapin rouge (*Pinus abies*, L.), dont nous avons trouvé les graines, les aiguilles et une des écailles d'un cône: les deux autres espèces sont éteintes, l'une a des petits cônes et des graines fines, comme le *Pinus alba*, l'autre, le *Pinus Loveni*, Heer, a des cônes volumineux et de grosses graines. Mentionnons encore le *Pinus Dicksoniana* et le *Pinus Malmgreni*, dont nous possédons les graines fines et les gracieuses petites feuilles; il faut ajouter enfin deux espèces de sapins blancs, représentés par des graines et des aiguilles.

A côté de ces conifères de formes bien connues nous trouvons un type tout à fait particulier, qui doit probablement être rattaché à la famille des Taxinées; il rappelle d'un côté le *Gincko* du Japon et de l'autre il paraît se rapprocher du genre *Podocarpus*. J'ai pu en distinguer deux espèces, que j'ai décrites sous les noms de *Torellia rigida* et de *Torellia bifida*.

Les diverses espèces de Conifères que je viens d'énumérer sont représentées en grande partie par des graines, des aiguilles ou des feuilles : plusieurs m'ont offert aussi des fruits et des fleurs, de sorte que leur détermination peut être regardée comme certaine.

Les données que nous possédons sur les Monocotyledones sont, en revanche, bien moins complètes, aussi quelques espèces paraissent encore un peu douteuses. Nous avons à énumérer un *Cyperus*, avec des fleurs en panicule et de petits épillets, un grand roseau, un iris à larges feuilles et à tiges rameuses (*Iris latifolia*, Heer), un Potamogeton (*P. Nordenskioldi*, Heer), dont les feuilles ovales flottaient sur l'eau, une *Naias*, un *Sparganium* à

fruits sphériques, enfin les fruits de six espèces de *Carex*.

Parmi les arbres feuillus il faut citer en première ligne les peupliers, à cause de leur abondance ; le *Populus Richardsoni* et le *Populus arctica* sont répandus sur toute la zone arctique, et ils se trouvent au Spitzberg jusqu'à la Kingsbai. Ces deux arbres appartiennent exclusivement à cette zone, tandis que le *Populus Zaddachi* se retrouve encore dans les couches miocènes de Samland près Königsberg, comme aussi à Alaska. Les Bétulinées sont représentées par deux espèces de bouleau, très-répandues ailleurs, *B. prisca* et *B. macrophylla*, et par une espèce d'aulne. Les Cupulifères comptent une espèce de hètre et trois espèces de chênes, dont deux (*Quercus grönlandica* et *Quercus platania*, Heer) se distinguent par leurs grandes feuilles et devaient faire l'ornement des forêts du Spitzberg. Mentionnons encore un platane (*Pl. aceroides*, Gœppert) et un tilleul à grandes feuilles (*Tilia Malmgreni*), qui a de l'analogie avec certaines espèces de l'Amérique du Nord, un sorbier (*Sorbus grandifolia*), qui ressemble au *Sorbus Aria* de nos montagnes, et un noyer, dont la noix rappelle celle du *Juglans alba* de l'Amérique du Nord. Il ne manquait pas d'arbrisseaux dans la flore du Spitzberg. Nous avons à citer une espèce de *Corylus*, deux espèces de *Viburnum*, un *Nyssa*, un *Rhamnus*, un *Paliurus*, un *Prunus*, un *Cratægus*, une *Andromeda*, et une espèce de *Lierre*.

Parmi les plantes dicotylédones herbacées, il nous reste à nommer une espèce de *Polygonum* (*Polygonum Ottersianum*, Heer), une *Salsola* et deux *Synanthérées* ; puis deux *Nénuphars*, dont nous possédons les rhizomes, les feuilles et les fruits.

Toutes les espèces indiquées ci-dessus ont leurs ana-

logues dans la nature actuelle ; mais les dernières découvertes, dont je viens de rendre compte, ont encore fait connaître plusieurs végétaux qui paraissent appartenir à des genres inconnus jusqu'ici, et dont la place dans la méthode est encore incertaine. Nous avons déjà mentionné le genre *Torellia*, il faut citer encore le genre *Nordenskioldia* dont nous ne connaissons point encore les analogies.

Jetons maintenant un coup d'œil général sur l'ensemble de cette flore, dont nous venons d'énumérer les éléments. Tous ces végétaux divers ont vécu sur place, soit dans des marais, soit sur la terre ferme : les couches qui les renferment, ont été formées dans un bassin d'eau douce : rien ne peut nous faire supposer que ces amas de débris végétaux aient pu être flottés sur ce rivage par la mer miocène. Il y avait très-probablement au Spitzberg un lac d'eau douce dont les rivages étaient marécageux : les Najas, les Sparganium prospéraient dans ses eaux : les Nénuphars, les Potamogetons flottaient à sa surface ; les Roseaux, les Carex, les Iris occupaient le marécage, abrités par une forêt de grands arbres, par des pins, des peupliers, des bouleaux, des aulnes, mais surtout des cyprès de marais (*Taxodium distichum*), car de tous les arbres connus c'est celui qui peut vivre le mieux dans la vase la plus profonde. L'association du *Sequoia Nordenskioldi*, du *Libocedrus Sabiniana* et du *Taxodium* permet de supposer que les deux premiers arbres prospéraient aussi dans les marais.

Parmi les autres arbres que nous avons énumérés, il en est quelques-uns, tels que la plupart des pins, les platanes, les chênes, les tilleuls, les hêtres, les noyers, etc., qui aiment au contraire un sol sec, aussi croissaient-ils

probablement sur des côteaux ou des montagnes non loin des bords du lac. On peut affirmer ceci relativement aux pins avec beaucoup de certitude, car parmi les débris des diverses espèces appartenant à ce genre, qui nous ont été conservés, nous ne trouvons ni rameaux, ni cônes complets, mais seulement des aiguilles, des écailles isolées et des graines ailées. Nous pouvons encore conjecturer, qu'à l'époque du moins où se déposèrent les schistes noirs, aucun fleuve ne venait se jeter dans le lac ou dans le marécage : les objets venus des bords voisins ou amenés par le vent, furent seuls ensevelis peu à peu dans le limon, lequel s'accumulait ainsi lentement et régulièrement. Il vint ensuite un temps favorable à la formation de la tourbe ; nous le savons par la présence des lignites qui recouvrent les schistes noirs et qui sont dues à la fossilisation de cette matière.

Les conclusions que nous pouvons tirer de la flore, relativement à l'état du sol, sont corroborées par les documents que nous fournissent les insectes, dont nous avons trouvé 22 espèces parmi les débris des plantes ; toutes, sauf une seule, appartiennent aux coléoptères, dont aucune espèce n'a encore été trouvée vivante au Spitzberg. Deux de ces coléoptères étaient aquatiques, deux autres vivaient probablement sur des plantes de marais ; parmi les autres nous devons signaler deux grandes espèces de taupins qui, sans doute, provenaient de la forêt.

L'étude que nous venons de faire de la flore et de la faune miocène du Spitzberg nous prouve jusqu'à l'évidence combien grandes ont été les modifications climatériques survenues dans cet archipel depuis cette époque. Notre but n'est pas de les énumérer ici, ni d'en recher-

cher les causes. Mentionnons un seul fait : Jusqu'à l'année dernière on ne connaissait que 93 espèces appartenant à la flore actuelle du Spitzberg, et cependant il y a près de cent ans qu'on y recueille des plantes : l'expédition suédoise, à laquelle étaient adjoints plusieurs botanistes, n'a pu ajouter à ce chiffre qu'un petit nombre de nouvelles espèces. Ces plantes ont un caractère essentiellement alpin; en Suisse il faut atteindre une hauteur de 8 à 9000 pieds pour rencontrer une flore analogue. Par contre les couches miocènes, à peine fouillées, nous ont déjà fourni 131 espèces de plantes, et cette flore correspond à celle de la plaine dans le nord de la Suisse [1].

Parmi les autres conclusions intéressantes que nous pourrions tirer de l'examen de la flore miocène du Spitzberg, il en est une sur laquelle je veux m'arrêter, parce qu'elle se rattache à la grande question de l'origine des espèces. On est assez généralement d'accord maintenant pour admettre que chaque espèce de végétal provient d'un centre unique, d'où elle a rayonné pendant le cours des siècles. Or, le Spitzberg paraît avoir été le foyer de dis-

[1] Dans un article des Mittheilungen du Dr Petermann, intitulé : Ergebnisse der ersten deutschen Nordfahrt, 1868, p. 213, nous trouvons la phrase suivante : « le Spitzberg était une île couverte de palmiers, où les dattes pouvaient mûrir, et la côte nord de la Sibérie se couvrait de prairies où paissait le mammouth. » Ces quelques mots renferment deux graves erreurs : en effet, à l'époque miocène il n'y avait de palmiers ni au Spitzberg ni dans toute la zone arctique, et en second lieu chacun sait que le mammouth appartient à l'époque quaternaire pendant laquelle les palmiers avaient disparu, non-seulement des contrées septentrionales, mais encore de toute l'Europe centrale; lorsque le mammouth paissait en Sibérie, la flore du Spitzberg avait probablement déjà son caractère arctique, et aucune espèce de palmiers ne croissait plus en Europe.

sémination du sapin rouge *(Pinus abies)*, du *Pinus montana*, et du *Taxodium distichum* ; en effet, nous avons vu que ces trois arbres existaient déjà au Spitzberg à l'époque miocène inférieure ; les deux premiers n'ont pas vécu en Europe pendant toute l'époque tertiaire, nous les chercherions en vain parmi toutes les plantes des dépôts miocènes de l'Europe actuellement connues ; ils ne se trouvent pas même parmi celles des dépôts miocènes de Samland sur les côtes septentrionales de l'Allemagne[1]. En revanche, on trouve en abondance dans ce dernier gisement le *Pinus Laricio* ; cette espèce répandue à l'heure qu'il est dans le sud de l'Europe arrivait donc alors jusqu'à l'extrême frontière septentrionale de l'Allemagne, et en même temps le *Pinus abies* et le *Pinus montana* prospéraient au Spitzberg. A l'époque diluvienne le *Pinus Laricio* disparaît du nord de l'Allemagne et se trouve rejeté vers le midi, tandis que le *Pinus abies* et le *Pinus montana* s'avancent jusque dans l'Europe centrale. Nous trouvons ces derniers dans toutes nos lignites schisteuses, à Utznach, à Dürnten, à Dietzikon, à Morschweil, etc. ; ils se rencontrent également sur les côtes du Norfolk (dans le Forestbed) ; nous les avons également reconnus dans les palafittes. Plus tard le *Pinus montana* s'est retiré sur les montagnes, tandis que le *Pinus abies* est actuellement l'espèce la plus abondante de tous nos conifères. Ces deux espèces ont totalement disparu de leur patrie primitive depuis l'époque miocène, mais, en revanche, elles en ont trouvé une nouvelle en Europe et en Asie. Leur limite extrême du côté du nord se trouve actuellement à 10° de latitude plus au sud que la Kingsbai, et, à coup sûr,

[1] Voyez Flore miocène des côtes de la Baltique, par O. Heer, p. 5, 24-26.

cette dernière localité n'était pas même alors leur limite septentrionale, car elles s'y rencontrent associées à des plantes qui annoncent une température plus méridionale que celle qu'elles peuvent supporter.

Quant au *Taxodium distichum*, sa limite septentrionale se trouvait probablement à l'époque miocène vers l'Eisfiord, mais il était répandu dans toute la zone arctique au-dessous de cette latitude. Je l'ai reçu du Grœnland et du pays d'Alaska ; il était également répandu dans toute l'Europe ; on le retrouve même en Asie. A l'époque quaternaire il a disparu non-seulement de la zone arctique, mais encore de l'Europe et de l'Asie : actuellement on ne le trouve plus qu'en Amérique, où il s'étend depuis la Delaware jusqu'à Mexico. Nous avons donc là un exemple d'un type essentiellement américain, dont les premières traces doivent être cherchées dans la zone arctique, où se trouvait probablement son premier centre de dissémination.

Les quelques faits, que nous venons de citer, sont de nature à nous prouver que chaque espèce végétale a sa propre histoire et que chaque jour voit s'accroître le nombre des documents qui peuvent nous donner des notions sûres sur leur développement et leur dissémination.

RECHERCHES THERMO-CHIMIQUES

PAR

M. JULIUS THOMSEN.

Première partie

SUR LA THÉORIE DE L'AFFINITÉ DE BERTHOLLET.

(*Poggendorff's Annalen*, tome CXXXVIII, p. 65.)

(Extrait)

Dans son *Essai de statique chimique*, Berthollet a posé comme règle relative à l'action des acides sur les sels, qu'une base en présence de deux acides tend à se partager entre eux, en raison des masses de ces acides et de leurs affinités respectives pour cette base. Mais jusqu'ici cette loi théorique n'a jamais pu être soumise à une vérification expérimentale satisfaisante. M. Thomsen a pensé pouvoir y arriver par des recherches thermo-chimiques. En effet, les différents acides dégageant des quantités de chaleur différentes en se combinant à une même base, la décomposition d'un sel par un acide doit être accompagnée d'un effet thermique [1], d'autant plus grand que la décomposition sera plus complète, et qui doit permettre de la mesurer.

Le mémoire actuel a pour but l'étude spéciale des réactions de l'acide azotique et de l'acide chlorhydrique sur le sulfate de soude; mais chacune d'elles exige un

[1] L'auteur a créé pour ce cas un mot nouveau, *Wärmetönung*, qui devrait peut-être se traduire par *tonalité calorifique*, mais pour lequel nous croyons pouvoir employer l'expression plus simple d'*effet thermique*, qui peut également désigner une absorption ou un dégagement de chaleur. C. M.

très-grand nombre de déterminations expérimentales. Ainsi pour la première, il faut connaître les effets thermiques produits dans les réactions suivantes :

1° Neutralisation de l'acide sulfurique par la soude,

2° Neutralisation de l'acide azotique par la soude,

3° Décomposition du sulfate de soude par l'acide azotique,

4° Décomposition de l'azotate de soude par l'acide sulfurique,

5° Sursaturation du sulfate de soude par l'acide sulfurique,

6° Sursaturation de l'azotate de soude par l'acide azotique.

7° Action de l'acide sulfurique sur l'acide azotique.

Les réactions 3, 4, 5 et 6 doivent de plus être étudiées pour des proportions variées des matières réagissantes.

L'auteur fait remarquer que, pour pouvoir tirer parti de ces données, il faut qu'elles soient connues avec une grande précision. Il estime qu'il est nécessaire que l'approximation soit d'au moins $^1/_2$ $^0/_0$, et il croit l'avoir atteinte dans ses déterminations. Il ajoute qu'aucune des déterminations antérieures ne pouvait être utilisée par lui, parce qu'elles sont fort loin d'approcher de ce degré de précision. Ainsi, les chaleurs déterminées par MM. Favre et Silbermann, pour la neutralisation des acides azotique, chlorhydrique, bromhydrique et iodhydrique sont de 10 à 12 $^0/_0$ trop élevées, tandis que celle qu'ils ont obtenue pour l'acide sulfurique est à peu près exacte.

La méthode expérimentale employée a été celle des mélanges, le calorimètre étant préservé avec soin de tout rayonnement extérieur. La détermination des tempéra-

tures se faisait au moyen de thermomètres calibrés et comparés avec le plus grand soin, permettant d'apprécier avec certitude le $\frac{1}{200}$ de degré. Les poids de liqueur mélangés étaient en général de 450 grammes de chacune des dissolutions. Dans la plupart des cas ces dissolutions renfermaient 200 équivalents d'eau pour un du corps réagissant : quelquefois cependant on a dû employer des dissolutions deux ou trois fois plus étendues.

Pour des dissolutions aussi étendues on peut, sans craindre une erreur appréciable dans les résultats, calculer les effets thermiques, en ne tenant compte que du poids de l'eau. De plus, l'équilibre de température s'établissant très-rapidement, en moins d'une minute, toutes les fois que la variation de température ne dépasse pas un degré, on constate qu'elle se maintient pendant plusieurs minutes sans changement appréciable, en sorte qu'il n'y a aucune correction à apporter au résultat observé. Dans les cas, peu nombreux d'ailleurs, où cette variation est plus considérable, il faut lire l'indication du thermomètre de minute en minute, depuis le moment où le mélange a été opéré, ce qui permet de calculer quelle a dû être la température au moment du maximum, indépendamment des influences extérieures.

La valeur en eau du vase servant de calorimètre et du thermomètre avait été déterminée par l'expérience, elle était de 13 grammes ou de 9,7 suivant que l'on faisait usage de l'un ou de l'autre des deux vases destinés à ces essais.

L'exactitude de la méthode a été établie par de nombreuses expériences dans lesquelles on mélangeait de l'eau à différentes températures. Le maximum de l'erreur a été dans 42 expériences de + 7 et — 8 calories. Sur 88 séries d'expériences comparatives, l'écart de la moyenne

a atteint une seule fois 9 calories, et dans 84 de ces séries il est resté inférieur à 5. On peut donc admettre que le maximum de l'erreur possible dans chaque détermination ne dépasse pas ± 5 calories, et comme la quantité de matière employée dans chacune d'elles représente en général de $\frac{1}{4}$ à $\frac{1}{6}$ d'équivalent, le maximum de l'erreur doit avoir pour limite ± 20 ou ± 30 calories pour les effets thermiques rapportés à un équivalent de matière (l'équivalent de l'hydrogène étant pris pour unité).

Voici, quels ont été les résultats de ces déterminations, dont nous ne donnons que le résumé.

Neutralisation de la soude par l'acide sulfurique, l'acide azotique et l'acide chlorhydrique. — Soit la base, soit l'acide étaient dans tous les cas dissous dans 200 équivalents d'eau. Les chaleurs dégagées, pour un équivalent de base et d'acide, ont été[1] :

	Th.	F. et S.
Acide sulfurique	15689	15810
Acide azotique	13617	15283
Acide chlorhydrique....	13740	15128

Sursaturation de la soude par l'acide sulfurique. — Un équivalent de sulfate de soude donne lieu, par l'addition de l'acide sulfurique, à une absorption de chaleur très-notable, et croissant avec la proportion d'acide, comme le montrent les nombres suivants :

Pour	$\frac{1}{4}$	équivalent	d'acide.	— 396^c
»	$\frac{1}{2}$	»	»	— 631
»	1	»	»	— 935
»	2	»	»	—1176
»	4	»	»	—1341

[1] On a mis en regard des résultats obtenus par l'auteur ceux de MM. Favre et Silbermann.

Pour des proportions intermédiaires, l'effet thermique peut être calculé avec une approximation suffisante par la formule :

$$- \frac{n}{n+0,8} \, 1650$$

n désignant le nombre d'équivalents d'acide ajoutés à un équivalent de sulfate de soude.

Sursaturation de la soude par l'acide azotique et par l'acide chlorhydrique. — Ces réactions ne donnent lieu qu'à une absorption de chaleur à peine sensible. On a trouvé pour un équivalent d'azotate de soude et un équivalent d'acide azotique, — 36^c ; pour un équivalent de chlorure de sodium et un équivalent d'acide chlorhydrique, — 32^c. On pourra donc négliger, dans le calcul de réactions complexes, les effets thermiques dus à ces causes ; aussi a-t-il paru inutile de répéter ces déterminations pour d'autres proportions relatives d'acide et de sel.

Décomposition du sulfate de soude par l'acide azotique. — On a d'abord étudié la décomposition du sulfate de soude neutre par des quantités variées d'acide azotique. Le sulfate était toujours dissous dans 200 équivalents d'eau ; l'acide azotique a varié de $Az\,O^5 + 100\,Aq$ à $Az\,O^5 + 300\,Aq$. L'expérience avait montré que l'addition de 100 équivalents d'eau à un acide azotique, qui en renferme déjà 100 équivalents, dégage une quantité de chaleur si faible qu'on peut complétement la négliger [1].

[1] Cette remarque de l'auteur semble indiquer qu'il n'attribue d'influence au degré plus ou moins grand de dilution des dissolutions employées qu'en raison de l'effet thermique développé dans leur préparation. Ce serait là, croyons-nous, négliger la cause la plus importante des variations que cette dilution peut apporter dans les effets thermiques accompagnant les doubles décompositions. Nous reviendrons sur ce sujet à la suite de cet article. C. M.

Pour un équivalent de sulfate de soude, on a obtenu :

avec	$\frac{1}{8}$	équivalent	d'acide azotique	-452^c
»	$\frac{1}{4}$	»	»	-808
»	$\frac{1}{2}$	»	»	-1292
»	1	»	»	-1752
»	2	»	»	-2026
»	3	»	»	-2050

On peut conclure de là que la décomposition croît avec la proportion d'acide azotique. La transformation complète du sulfate de soude en azotate donnerait lieu à une absorption de 2072 calories.

Dans une seconde série d'essais, on a étudié la réaction de deux équivalents d'acide azotique sur un équivalent de sulfate acide de soude à divers degrés d'acidité $NaO, (1+\gamma) SO^3$, on a :

pour $\gamma =$	0	-2026^c
»	1	-978
»	2	-664
»	3	-520

Enfin pour apprécier l'influence que pouvait avoir sur la réaction la présence d'azotate de soude préexistant, on a fait agir l'acide azotique sur un mélange de sulfate et d'azotate de soude à équivalents égaux :

$$\beta\, AzO^5 \text{ sur } \tfrac{1}{2} NaO,SO^3 + \tfrac{1}{2} NaO,AzO$$

On a pour $\beta =$	$\frac{1}{4}$	-546^c
»	$\frac{1}{2}$	-761
»	1	-968

Décomposition du sulfate de soude par l'acide chlorhydrique. — On a seulement étudié l'action de diverses proportions d'acide chlorhydrique sur un équivalent de sulfate neutre de soude. On a trouvé :

pour	$\frac{1}{2}$	équivalent	d'acide	—1247c
»	1	»	»	—1682
»	2	»	»	—1878
»	4	»	»	—1896

Ainsi, avec l'acide chlorhydrique, de même qu'avec l'acide azotique, le sulfate de soude éprouve une décomposition croissant avec la proportion d'acide. Sa conversion complète en chlorure absorberait 1949 calories.

Décomposition de l'azotate de soude par l'acide sulfurique. — Cette réaction donne lieu à un dégagement de chaleur qui, pour un équivalent d'azotate de soude s'élève à :

pour	1	équivalent	d'acide	sulfurique	288c
»	2	»		»	379

Décomposition du chlorure de sodium par l'acide sulfurique. — Résultats analogues :

pour	1	équivalent	d'acide	sulfurique	244c
«	2	»		»	336

Discussion de ces résultats d'expériences.

Il résulte des essais précédents que, lorsque l'acide azotique ou l'acide chlorhydrique agissent sur le sulfate de soude, ils donnent lieu à une absorption de chaleur, tandis que la réaction de l'acide sulfurique sur l'azotate ou le chlorure dégage de la chaleur.

Il est évident que l'effet thermique qui accompagne ces réactions peut être considéré comme la mesure de la décomposition chimique, et l'expérience le constate. Lorsqu'on fait agir un équivalent d'acide sulfurique sur un équivalent d'azotate de soude, on obtient le même produit qu'en faisant agir un équivalent d'acide azotique sur un équivalent de sulfate, ou bien en faisant réagir à la

fois sur un équivalent de soude un équivalent de chacun des deux acides.

Or, il résulte des principes thermo-chimiques exposés antérieurement par l'auteur et admis par tous sans contestation, que la chaleur dégagée par la réaction de trois corps A, B et A' est la même, quel que soit l'ordre dans lequel ils réagissent :

$$(A, B, A') = (A, B) + (AB, A') = (A', B) + (A'B, A)$$

d'où il résulte que

$$(AB, A') - (A'B, A) = (A', B) - (A, B).$$

Ce qui signifie dans le cas actuel que : *la différence entre les effets thermiques produits par la réaction de l'acide sulfurique sur l'azotate de soude, et par celle de l'acide azotique sur le sulfate, est égale à la différence des chaleurs dégagées dans la neutralisation de la soude par les deux acides.*

L'expérience a donné, en effet, pour ces différences :

$$15689 \quad - 13617 = 2072^c$$
$$288 - (-1752) = 2040$$

La différence des deux résultats est de 32^c, soit 2 pour mille de la chaleur de neutralisation; or, l'exactitude des expériences ne peut atteindre une plus grande approximation.

Pour le cas où l'acide chlorhydrique remplace l'acide azotique, on a :

$$15689 \quad - 13740 = 1949^c$$
$$244 - (-1682) = 1926$$

l'accord est aussi satisfaisant que possible.

Voici maintenant comment on peut calculer la grandeur de la décomposition pour la réaction d'un équivalent

d'acide azotique sur un équivalent de sulfate de soude.

Soient B la soude, A l'acide sulfurique. A′ l'acide azotique et x la proportion de sulfate de soude décomposée, nous aurons dans la liqueur après la réaction :

$$(1-x)\ BA + x\ BA' + x\ A + (1-x)\ A'.$$

On peut considérer la réaction totale, et l'effet thermique qui l'accompagne, comme résultant d'une série de réactions simples, dont les effets thermiques ont été établis précédemment, savoir :

1° Décomposition de x équiv. du sel BA, $-x$ 15689^c.

2° Formation de x équivalents du sel BA′, $+x$ 13617.

3° Réaction de $(1-x)$ équivalents de sulfate de soude sur x équivalents d'acide sulfurique, soit $(1-x)$ $\left(\dot{Na}\dddot{S}, \frac{x}{1-x}\dddot{S}\right)$.

4° Réaction de x équivalents d'azotate de soude sur $1-x$ équivalents d'acide azotique ; nous avons vu que l'effet thermique produit dans cette réaction est négligeable.

5° Réaction de x équivalents d'acide sulfurique sur $(1-x)$ équivalents d'acide azotique. L'expérience prouve que l'effet thermique produit par cette réaction n'est pas mesurable.

La somme de ces effets doit être égale à l'effet thermique total constaté dans la réaction ; on a donc :

$$-x\ 2072 + (1-x)\left(\dot{Na}\dddot{S}, \frac{x}{1-x}\dddot{S}\right) = -\ 1752^c$$

On peut déduire de là la valeur de x par tatonnements, en utilisant les expériences citées précédemment, qui font connaître l'effet thermique qui résulte de l'action de l'acide sulfurique en diverses proportions sur le sulfate

de soude. On trouve ainsi que la formule précédente est satisfaite très-exactement par la valeur $x = \frac{2}{3}$, car on a alors pour la valeur du premier membre :

$$-\tfrac{2}{3}\,2072 + \tfrac{1}{3}\,(\dot{N}a\,\dddot{S},\ 2\,\dddot{S}) = -\tfrac{2}{3}\,2072 - \tfrac{1}{3}\,1176 = -1772^{c}$$

résultat qui s'accorde à 20^{c} près avec le résultat de l'expérience.

Par des calculs analogues on trouve que l'effet thermique produit dans la réaction inverse de l'acide sulfurique sur l'azotate de soude serait exprimé par la formule :

$$(1-x)\,2072 + (1-x)\left(\dot{N}a\,\dddot{S},\ \frac{x}{1-x}\,\dddot{S}\right) = 299^{c}$$

tandis que l'expérience a donné 288^{c}.

Il résulte donc de ces expériences que :

a) Lorsque des équivalents égaux de soude, d'acide sulfurique et d'acide azotique sont mis en présence dans une même dissolution, les $\frac{2}{3}$ de la soude entrent en combinaison avec l'acide azotique et $\frac{1}{3}$ avec l'acide sulfurique.

b) Le partage de la base entre les deux acides a lieu de la même manière, qu'elle ait été introduite à l'état de sulfate ou à celui d'azotate.

c) L'acide azotique a donc deux fois plus de tendance à se combiner à la base que l'acide sulfurique : il est donc notablement plus énergique par la voie humide.

Il est nécessaire pour le développement de ces phénomènes d'employer un terme pour exprimer cette tendance plus ou moins grande des acides à la neutralisation. On ne peut la désigner par le mot d'*affinité*, car ce terme doit être réservé, suivant l'auteur, pour exprimer la force qu'il faut vaincre pour décomposer une combinaison en ses éléments et qui peut être mesurée par le

travail nécessaire pour cette décomposition (ainsi par l'effet thermique). Les phénomènes dont il s'agit ici sont d'une tout autre nature, et M. Thomsen propose le mot d'*avidité* pour désigner cette tendance des acides à la neutralisation.

Ainsi l'*avidité de l'acide azotique pour la soude est double de celle de l'acide sulfurique.*

Des calculs tout à fait semblables montrent qu'il en est de même pour l'acyde chlorhydrique ; vis-à-vis de la soude son avidité est double de celle de l'acide sulfurique.

Dans cette hypothèse, en effet, on trouve que la décomposition d'un équivalent de sulfate de soude par un équivalent d'acide chlorhydrique doit absorber 1691ᶜ, l'expérience avait donné 1682. La réaction inverse de l'acide sulfurique sur le chlorure de sodium doit dégager de la chaleur, 258ᶜ ; l'expérience a donné 244 [1].

[1] Il pourrait sembler étrange au premier abord que l'avidité des acides pour les bases varie en sens inverse de leur affinité (celle-ci étant mesurée par la chaleur dégagée dans la neutralisation), si l'on ne remarquait que l'auteur a comparé ici un acide bibasique à deux acides monobasiques, en sorte que l'énergie relative de ces acides n'étant pas très-différente, le partage s'est opéré de manière à produire un azotate neutre et un bisulfate ; des quantités équivalentes d'acide sulfurique et d'acide azotique ou chlorhydrique demeurant libres dans la liqueur, comme on le voit par la formule :

$$3\,NaO,SO^3+3\,HO.AzO^5=2\,NaO,AzO^5+HO,NaO,2\,SO^3+HO,AzO^5+HO,SO^3.$$

Si l'on admet que telle est la cause principale du partage que subit la base, reste à savoir si l'influence du degré d'énergie des acides n'a pas pour effet de modifier un peu cet état d'équilibre. Mais pour pouvoir vérifier cette supposition, il faudrait attribuer aux données expérimentales une précision dont elles ne me paraissent pas susceptibles, pour des raisons que j'exposerai plus loin. C. M.

L'auteur a fait des expériences analogues, avec un grand nombre d'acides. Pour aucun de ceux qu'il a examinés, l'avidité n'égale celle de l'acide azotique et de l'acide chlorhydrique ; mais elle est pour les uns supérieure, pour les autres inférieure à celle de l'acide sulfurique, pour quelques-uns elle est presque nulle. Il annonce la publication prochaine de ces résultats, et passe maintenant à la comparaison de ses observations avec la loi de Berthollet.

Suivant Berthollet, le partage d'une base, entre deux acides, se fait en proportion de son affinité pour ces acides et de leurs masses respectives. Or les masses sont proportionnelles aux équivalents chimiques A et A' des acides et aux nombres a et a' d'équivalents de chacun d'eux, qui sont mis en présence de la base. Si donc on désigne par x et x' leurs affinités respectives pour cette base, on aura pour le rapport suivant lequel s'effectuera le partage de celle-ci :

$$r = \frac{a\mathrm{A}x}{a'\mathrm{A}'x'}.$$

Mais, ce que Berthollet désignait par l'affinité des acides, n'était autre chose que ce qu'on appelait alors leur capacité de saturation, c'est-à-dire l'inverse de leurs équivalents chimiques, en sorte que cette formule devient simplement :

$$r = \frac{a}{a'}.$$

La base devrait se partager entre les acides, en proportion du nombre d'équivalents de ceux-ci.

Donc, en présence d'équivalents égaux d'acide sulfurique et d'acide azotique, la soude devrait se partager entre eux par moitié. La loi de Berthollet n'est donc point confirmée par l'expérience.

La plupart des auteurs modernes ont interprété la loi de Berthollet dans un sens moins conforme à sa stricte expression, mais plus en rapport avec les idées qu'a fait naître la théorie des équivalents chimiques, en attribuant au mot affinité un sens analogue à celui que l'auteur attribue à son terme d'avidité, et en disant que le partage de la base se fait en proportion du nombre d'équivalents des acides et de leur énergie.

$$r = \frac{a\ m}{a'm'}$$

m et m' exprimant les affinités ou énergies des acides pour la base.

Cette formule s'appliquerait bien à la réaction d'un équivalent d'acide azotique sur un équivalent de soude, à la condition de supposer $\frac{m}{m'} = \frac{1}{2}$. Mais, si l'on essaie alors de calculer avec ce même rapport les autres réactions, dans lesquelles diverses quantités d'acide azotique sont mises en présence d'un équivalent de sulfate de soude, puis, si l'on calcule les effets thermiques correspondant à ces diverses réactions, on trouve des résultats qui ne s'accordent en aucune façon avec ceux qu'à fournis l'expérience [1].

Ainsi, la théorie de Berthollet ne s'accorde pas davantage avec l'expérience, dans la forme sous laquelle on la présente habituellement.

Une formule assez différente de celle de Berthollet a été proposée par M. Guldberg [2].

[1] Nous supprimons ici le détail de ces calculs et les tableaux de comparaison des résultats pour n'en donner que les conclusions.

[2] *Études sur les affinités chimiques*, par C.-M. Guldberg et P. Waage. Christiania, 1867.

Soient A et B, deux corps dont la réaction engendre les corps C et D (ainsi, dans le cas actuel, A serait le sulfate de soude, B l'acide azotique, C l'azotate de soude, D l'acide sulfurique), soient α, β, γ et δ les nombres d'équivalents de ces quatre corps qui sont mis en présence les uns des autres, et x le nombre d'équivalents de A et de B, qui se décomposent mutuellement, de sorte qu'après la réaction on ait :

$$(\alpha-x)\,A+(\beta-x)\,B+(\gamma+x)\,C+(\delta+x)\,D.$$

Si l'on désigne par k, l'énergie avec laquelle se passe la réaction de A sur B, et par $\frac{1}{k'}$ celle de la réaction inverse de C sur D, on aura, d'après la théorie de Guldberg :

$$k\,(\alpha-x)\,(\beta-x)=\frac{1}{k'}\,(\gamma+x)\,(\delta+x).$$

Si l'on exprime le produit kk' par n^2 on aura :

$$x=\frac{n^2(\alpha+\beta)+\gamma+\delta-\sqrt{[n^2(\alpha+\beta)+\gamma+\delta]^2-4(n^2-1)\,(n^2\alpha\beta-\gamma\delta)}}{2\,(n^2-1)}$$

Pour calculer, au moyen de cette formule, la valeur de x, c'est-à-dire la grandeur de la décomposition, il faut déterminer la valeur de n^2 au moyen de la réaction, dans le cas le plus simple, lorsqu'un équivalent d'acide azotique réagit sur un équivalent de sulfate de soude. On a alors :

$$\alpha=\beta=1,\quad \gamma=\delta=0,$$

en sorte que la valeur de x est simplement :

$$x=\frac{n}{n+1}$$

Or l'expérience ayant montré que dans ce cas $x=\frac{2}{3}$, il en résulte que $n=2$.

Ainsi, pour toutes les réactions qui se passent entre l'acide sulfurique, l'acide azotique et leurs sels de soude, on aura :

$$x = \frac{1}{6}\left[4(\alpha+\beta)+\gamma+\delta-\sqrt{[(\alpha+\beta)+\gamma+\delta]^2-12(4\alpha\beta-\gamma\delta)}\,\right]$$

M. Thomsen a calculé, au moyen de cette formule, la grandeur de la décomposition pour toutes les expériences dans lesquelles il avait fait réagir l'acide azotique en diverses proportions, sur des combinaisons également variées de soude et d'acide sulfurique : puis les effets thermiques correspondant aux décompositions indiquées par cette théorie.

Le tableau suivant résume tous ces résultats, ainsi que ceux qui sont relatifs à l'action de l'acide chlorhydrique, et qui ont été calculés par la même formule. On y trouve indiqués la valeur de x, c'est-à-dire la proportion suivant laquelle la décomposition chimique doit avoir lieu d'après la théorie de Guldberg, l'effet thermique calculé d'après cette décomposition et l'effet thermique trouvé par l'expérience

Corps réagissants.		x	Effet thermique calculé.	Effet thermique trouvé.
NaO,SO^3	$\frac{1}{8}$ HO,AzO^5	0,121	— 462^c	— 452^c
»	$\frac{4}{1}$ »	0,232	— 828	— 808
»	$\frac{1}{2}$ »	0,423	—1331	—1292
»	1 »	0,667	—1773	—1752
»	2 »	0,845	—1974	—2026
»	3 »	0,903	—2019	—2050
NaO, SO^3	2 HO,AzO^5	0,845	—1974	—2026
» , $2SO^3$........	»	0,742	— 982	— 978
» , $3SO^3$........	»	0,667	— 714	— 664
» , $4SO^3$........	»	0,607	— 551	— 520
$\frac{1}{2}$ $NaO, SO^3 + \frac{1}{2}$ NaO, AzO^5	$\frac{1}{4}$ $HO.AzO^5$	0,167	— 561	— 546
» »	$\frac{1}{2}$ »	0,271	— 786	— 761
» »	1 »	0,371	— 933	— 968
NaO, AzO^5	1 HO, SO^3	0,333	+ 298	+ 288
«	2 »	0,458	+ 348	+ 379
NaO, SO^3	$\frac{1}{2}$ $H\,Cl$ ...	0,423	—1279	—1247
»	1 » ...	0,667	—1691	—1682
»	2 » ...	0,845	—1870	—1878
»	4 » ...	0,921	—1917	—1896
$Na\,Cl$	1 HO, SO^3	0,333	+ 257	+ 244
»	2 »	0,458	+ 292	+ 336

On voit que, dans tous les cas, l'accord entre le calcul et l'observation est aussi satisfaisant que peut le permettre le degré d'exactitude obtenu dans la mesure des effets thermiques. Il est donc probable que la théorie de Guldberg exprime assez bien ce qui se passe en réalité.

La grandeur désignée par k, dans les formules de Guldberg n'est pas autre chose que le rapport des avidités des deux acides qui agissent simultanément. Si l'on représente par a et a' les avidités pour la base B des deux acides A et A', l'énergie de la décomposition de BA par

A' est $k = \frac{a'}{a}$, et l'énergie de la réaction inverse de A sur BA' est $\frac{1}{k} = \frac{a}{a'}$.

Si les deux acides ont la même avidité $k = 1$: alors

$$x = \frac{\alpha\beta - \gamma\delta}{\alpha + \beta + \gamma + \delta}$$

$$\text{et si } \gamma = \delta = 0 \qquad x = \frac{\alpha\beta}{\alpha + \beta}$$

on retombe alors sur la formule de Berthollet, qui ne se trouverait ainsi confirmée que pour le cas particulier, où l'on compare des acides dont l'avidité est égale.

L'auteur termine ce mémoire par le résumé suivant :

1° Lorsque deux acides agissent simultanément, dans une dissolution aqueuse, sur une base dont la quantité est insuffisante pour les neutraliser, cette base se partage entre eux, en sorte qu'il se forme deux sels, et qu'une partie des deux acides demeure libre.

2° Il suit de là que, lorsqu'on fait réagir sur un sel un acide dont la chaleur de neutralisation est plus grande que celle de l'acide contenu dans ce sel, la réaction est accompagnée d'un dégagement de chaleur ; dans le cas inverse, il y a au contraire absorption de chaleur.

3° Le partage de la base, entre les deux acides, ne s'effectue pas selon la loi de Berthollet, c'est-à-dire proportionnellement au nombre d'équivalents des deux acides.

4° Le partage n'a pas lieu non plus en raison des affinités de la base pour les deux acides, si l'on veut prendre pour mesure de ces affinités leurs chaleurs de neutralisation.

5° La force avec laquelle les acides tendent à se neutraliser, est ce que j'appelle *avidité*.

6° Lorsqu'un équivalent de base se trouve en présence de deux acides en dissolution aqueuse, chacun de ces acides entrant aussi dans le mélange pour un équivalent, elle se partage entre eux suivant le rapport des avidités des deux acides.

7° Si les acides sont dans une proportion différente, la base se partage entre eux, suivant leur avidité et leur nombre d'équivalents; le mode suivant lequel s'effectue ce partage est exprimé avec une exactitude satisfaisante par la formule théorique de M. Guldberg [1]

[1] Il est probable que, si l'auteur a cru pouvoir généraliser ainsi les conclusions d'observations qui n'embrassent encore qu'un si petit nombre de cas, c'est qu'elles lui ont paru justifiées par les autres expériences qu'il annonce avoir faites en très-grand nombre et devoir prochainement publier. Sans cela elles ne seraient pas encore suffisamment justifiées. Comme nous l'avons fait remarquer dans une note précédente, le rapport suivant lequel la soude se partage entre l'acide sulfurique d'une part et les acides azotique et chlorhydrique de l'autre, pourrait être expliqué simplement par la tendance du premier acide à former un bisulfate, sans qu'il fût nécessaire d'invoquer une différence d'énergie ou d'avidité. Il y a donc lieu, pour juger cette théorie, d'attendre la suite des mémoires annoncés par M. Thomsen.

C. M.

DE L'INFLUENCE DE L'EAU

SUR LES

DOUBLES DÉCOMPOSITIONS SALINES

ET SUR LES

EFFETS THERMIQUES QUI LES ACCOMPAGNENT

PAR

M. C. MARIGNAC.

M. Thomsen vient de publier [1] un mémoire renfermant des recherches très-importantes et très-bien faites sur les effets thermiques produits dans les doubles décompositions salines [2], et sur les conséquences que l'on peut en déduire, au sujet de l'action chimique qui leur a donné naissance, et dont ils donnent la mesure.

Ce mémoire avait pour moi d'autant plus d'intérêt que j'avais commencé depuis longtemps des expériences analogues, entreprises dans le même but. Toutefois, j'en étais encore à la période préliminaire de ces recherches, étudiant, par des expériences plutôt variées que très-rigoureuses, le rôle de l'eau dans ces réactions. J'avoue même que si je n'ai pas jusqu'ici poussé ce travail avec plus d'activité, c'est que je voyais de plus en plus la difficulté de tenir compte de cette influence de l'eau, ou de se mettre dans des conditions où cette influence aurait

[1] *Poggendorff's Annalen*, tome CXXXVIII, p. 65. Un extrait détaillé de ce mémoire se trouve dans ce même cahier des *Archives*, p. 301.

[2] Je comprends sous cette dénomination générale toutes les réactions qui peuvent avoir lieu entre les acides, les bases et les sels en dissolution dans l'eau.

été assez affaiblie pour pouvoir être négligée. Tous les chimistes qui se sont occupés de recherches analogues, ont bien reconnu cette influence de la plus ou moins grande dilution des dissolutions employées, et recommandé de ne se servir que de liqueurs assez étendues pour pouvoir négliger les effets thermiques qui résulteraient d'une nouvelle dilution; mais il ne paraît pas qu'ils aient cherché à établir, avec une précision suffisante, le degré de dilution qu'il fallait atteindre pour cela, et encore moins qu'ils l'aient réellement atteint. En particulier, dans le travail le plus considérable qui ait été publié jusqu'ici, sur cette matière, celui de MM. Favre et Silberman[1], il est facile de voir, malgré le peu de détails donnés sur la marche des expériences, que l'appareil dont ils se servaient ne permettait point l'emploi de dissolutions suffisamment étendues, et que s'ils ont cru, comme ils en admettent la nécessité, opérer sur des liqueurs telles que l'on pùt négliger l'action qu'elles éprouvaient de la part de l'eau, c'est que cet appareil était complétement insensible à de faibles variations de température. Aussi, les déterminations faites par cette méthode, sont-elles souvent très-éloignées de la vérité, du moins pour les réactions chimiques qui ne donnent lieu qu'à des effets thermiques d'une faible intensité.

M. Thomsen lui-même, dans son récent travail, n'a pas donné, suivant moi, à cette circonstance toute l'attention qu'elle mérite, et, bien qu'il se soit mis dans les conditions les plus favorables, en n'employant que des dissolutions fort étendues, et, autant que possible, au même degré de dilution (200 équivalents d'eau pour chaque équi-

[1] *Annales de Chimie et de Phys.*, 3me série, tome XXXVII, p. 406.

valent de sel), il ne me paraît point démontré que l'influence de l'eau pût être négligée dans ses expériences, et, par conséquent, que les calculs basés sur ses observations, soient susceptibles de l'exactitude qu'il leur attribue.

C'est en raison de ces considérations, et pour attirer, sur ce sujet, l'attention des savants qui s'occupent de recherches de ce genre, que je me décide à publier les résultats généraux de mes expériences sur les effets thermiques produits par la dilution des dissolutions, et sur les conséquences qui paraissent en résulter, relativement au rôle de l'eau dans les doubles décompositions salines.

Je répète, que ce ne sont encore que des expériences préliminaires. Je n'avais pas encore cherché à leur donner toute la précision qui eût été désirable pour un travail définitif. Aussi me bornerai-je à indiquer la méthode que j'ai suivie, et les résultats moyens auxquels je suis parvenu, sans entrer dans le détail de chaque expérience.

Pour tous les corps sur lesquels je voulais opérer, je commençais par préparer une première dissolution normale, renfermant, par litre, 100 grammes du corps anhydre, ou (pour les acides ou sels acides) ne renfermant que son eau de constitution. En ajoutant successivement de l'eau à cette dissolution, de manière à doubler, quadrupler, etc., son volume, j'obtenais une série de dissolutions que je désignerai, dorénavant, par les noms de dissolutions à $\frac{1}{10}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{40}$, etc., renfermant 1 gramme de sel dans 10, 20, 40, etc., centimètres cubes de liqueur.

Généralement je déterminais l'effet thermique produit par la dilution de chaque dissolution en la mélangeant avec un volume égal d'eau. Mais, dans la plupart des cas, je contrôlais ce résultat en mesurant aussi l'effet

produit par l'addition de 1, 3, 7, 15 volumes d'eau à un volume constant de la dissolution normale à $\frac{1}{10}$.

Le vase renfermant l'une des liqueurs, et dans lequel le mélange devait être opéré, était suspendu au milieu d'un grand cylindre à double enveloppe, contenant entre ses parois une dizaine de litres d'eau à la température extérieure : on évite ainsi toute influence due au voisinage de l'observateur, et l'on atteint facilement une température stationnaire pour le liquide de ce vase. Le mélange des deux liquides n'était opéré qu'après avoir constaté, pendant plusieurs minutes, l'invariabilité de cette température.

Le vase contenant l'autre dissolution était entouré d'une couche épaisse de laine qui permettait de le saisir, pour en verser le contenu dans le premier vase, sans en faire varier la température : mais il pouvait glisser dans cette enveloppe et en sortir suffisamment pour que l'on pût, en en touchant la surface avec la main ou le doigt, en élever la température aussi lentement qu'on voulait. Pendant la préparation de l'expérience, ce vase était disposé à une place où la température était un peu inférieure à celle du calorimètre ; lorsque l'on avait constaté que celle-ci demeurait invariable, on amenait exactement au même degré la température de l'autre liqueur, et l'on faisait le mélange à l'instant où les thermomètres placés dans les deux dissolutions, toutes les deux agitées, se correspondaient exactement.

Les thermomètres employés avaient une grande sensibilité : n'embrassant, dans toute l'étendue de leur échelle, que 10 degrés, ils étaient divisés en $\frac{1}{50}$ de degré, chaque division ayant une longueur de 0,6 millimètres. L'observation, au moyen d'une lunette horizontale, permet

d'apprécier, avec une assez grande approximation $\frac{1}{500}$ de degré.

Dans la plupart des expériences, le volume des dissolutions employées était tel que leur mélange occupât de 500 à 600 centimètres cubes. Dans quelques cas cependant, j'ai opéré sur des volumes plus considérables.

Pour calculer l'effet thermique, correspondant à la variation de température observée, on peut admettre, pour toutes les dissolutions salines employées, une chaleur spécifique égale à celle de l'eau à volume égal. Il n'y a donc à tenir compte que du volume des liqueurs mélangées et de la valeur en eau du vase dans lequel le mélange est opéré. Cette valeur a été déterminée pour les divers vases dont on a fait usage, par l'expérience, en mêlant des volumes déterminés d'eau à diverses températures. J'ai constaté, de même que M. Thomsen, qu'il est inutile de faire aucune correction pour l'influence du rayonnement extérieur, en raison de la rapidité avec laquelle se produit la variation de température et de la faiblesse de cette variation.

En somme, la marche que j'ai suivie ne diffère de celle qu'a adoptée M. Thomsen, qu'en un seul point, dont je ne me dissimule point l'importance, et sur lequel je comptais bien modifier la disposition de mes appareils lorsque je me déciderais à passer de ces recherches préliminaires, à des expériences plus rigoureuses sur les effets thermiques produits par les doubles décompositions. Les vases contenant les deux dissolutions, bien qu'abrités latéralement contre les influences extérieures, étaient complétement ouverts à l'air libre par leur surface. On comprend qu'il peut résulter de là quelque perturbation, au moment où l'on mélange les liqueurs. Aussi n'ai-je point la prétention

d'avoir atteint, dans mes déterminations, une aussi grande exactitude que le savant danois. Mais je crois avoir obtenu une approximation très-suffisante pour justifier les considérations générales que j'ai à présenter sur ce sujet. La plupart de mes expériences ayant porté sur des réactions qui ne donnent lieu qu'à de très-faibles variations de température, je ne pense pas que l'erreur commise dans leur appréciation dépasse $\frac{1}{200}$ de degré, pour tous les cas, du moins, que j'ai jugés assez importants pour répéter plusieurs fois l'observation et prendre la moyenne des résultats.

Je vais indiquer maintenant les divers points sur lesquels j'ai successivement dirigé mes recherches.

I. — *Dilution des dissolutions ne renfermant qu'une seule substance.*

Toutes les fois qu'on étend d'un volume d'eau égal au sien une dissolution, on observe une variation de température plus ou moins sensible, indiquant tantôt une absorption, tantôt un dégagement de chaleur. Ainsi on constate un abaissement de température avec l'acide azotique, les azotates, sulfates, carbonates et chlorures de potassium et de sodium; les azotates de plomb et de chaux, au contraire, un dégagement de chaleur pour l'acide sulfurique, l'acide chlorhydrique, le chlorure de calcium, les sulfates d'alumine, de cuivre, de zinc, de magnésie, les acétates de potasse et de soude.

Pour des dissolutions à $\frac{1}{10}$, ces variations de température sont le plus souvent inférieures à 0°,2. Si l'on passe aux dissolutions à $\frac{1}{20}$, la variation diminue bien plus rapidement, en général, que le degré de concentration : elle

se réduit, à peu près, au quart de ce qu'elle était dans le cas précédent; l'effet thermique est donc réduit de moitié. Enfin, pour les dissolutions à $\frac{1}{40}$, la diminution suit une progression au moins aussi rapide : la variation de température est le plus souvent inférieure à 0°,01, et se confond presque avec les erreurs de l'observation.

Je ne donnerai pas les résultats obtenus, pour tous les corps que j'ai examinés à ce point de vue, parce que, le plus souvent, chaque détermination n'a été faite qu'une seule fois, et pourrait, par conséquent, être entachée d'erreur, sans que les observations précédentes, justifiées par un grand nombre d'essais, cessassent d'être généralement vraies. Je préfère indiquer seulement les résultats obtenus sur un petit nombre de substances choisies parmi celles qui donnent les variations les plus considérables, et sur lesquelles j'ai plus particulièrement porté mon attention, et multiplié les expériences, pour arriver, par une moyenne, à des nombres plus exacts qui établissent plus sûrement la marche des phénomènes.

Les nombres inscrits dans le tableau suivant, indiquent toujours l'effet produit par le mélange d'une dissolution avec un volume égal d'eau. L'effet thermique exprimé en calories est toujours rapporté à un équivalent du corps dissous (l'équivalent de l'hydrogène étant pris pour unité). J'y ai joint l'indication de la variation thermométrique observée : elle permet de juger, par la grandeur de cette variation, du degré d'approximation que peuvent avoir les mesures.

Substances.	Dissolutions à					
	$\frac{1}{10}$		$\frac{1}{20}$		$\frac{1}{40}$	
	Degrés.	Calories.	Degrés	Calories.	Degrés.	Colories.
NaO, SO^3	−0,182	−271	−0,044	−131	−0,008	− 48
NaO, AzO^5	−0,180	−322	−0,044	−156	−0,006	− 43
$NaCl$	−0,167	−205	−0,038	− 93	−0,004	− 20
HCl	+0,397	+303	+0,103	+158	+0,035	+107
KO, AzO^5	−0,205	−434	−0,057	−242	−0,014	−119
KCl	−0,090	−141	−0,017	− 50		
KO, SO^3	−0,109	−199	−0,028	−102		
NaO, CO^2	−0,280	−311	−0,084	−186	−0,020	− 89
AzO^5, HO	−0,018	− 24	−0,004	− 10		

Si les règles générales que je viens d'exposer s'appliquaient réellement à tous les corps, on pourrait en conclure que, dans l'étude des effets thermiques accompagnant les doubles décompositions salines, on peut, sans commettre de graves erreurs, négliger les effets dus à la dilution, à la condition de n'employer que des dissolutions renfermant au plus $\frac{1}{40}$ de sel[1]. Mais il n'en est point ainsi. On rencontre des corps pour lesquels la dilution produit des effets tout différents et qui s'accroissent à mesure que la proportion d'eau augmente. J'en citerai, comme exemples, l'acide sulfurique et le bisulfate de soude.

	HO, SO^3		NaO, HO, S^2O^6	
	Degrés.	Calories.	Degrés.	Calories.
Dissolutions à $\frac{1}{10}$	+0,090	+ 92	+0,023	+ 58
» » $\frac{1}{20}$	+0,066	+135	+0,040	+202
» » $\frac{1}{40}$	+0,045	+185	+0,031	+313
» » $\frac{1}{80}$	+0,031	+255	+0,026	+525

[1] M. Thomsen, dans ses expériences, n'atteint pas tout à fait cette

Il est impossible de dire où s'arrêterait cette progression : en effet, la variation de température est déjà assez faible pour les dissolutions à $\frac{1}{80}$ pour que l'on ne puisse plus compter sur une approximation suffisante dans la détermination de l'effet thermique.

Je ne sais à quelle cause on peut attribuer ce singulier phénomène pour l'acide sulfurique. Quant à celui, bien plus marqué encore, que présente le bisulfate de soude, il n'est pas difficile de l'expliquer. On a constaté, en effet, soit par la cristallisation des dissolutions des bisulfates alcalins, soit par des expériences relatives à leur diffusion, que ces sels sont décomposés par l'eau. Il est naturel d'admettre que leur décomposition est d'autant plus complète que la quantité d'eau est plus considérable. Or, comme la formation de ces bisulfates donne lieu à une absorption de chaleur considérable, leur décomposition par l'eau doit au contraire produire un dégagement de chaleur.

Quoi qu'il en soit, il est clair que, dans toutes les réactions où interviendront ces corps, il est impossible de négliger sans erreurs les effets thermiques produits par leur dilution, même lorsqu'on fait usage de dissolutions fort étendues.

II. — *Mélanges de deux dissolutions salines, non susceptibles de se décomposer.*

Lorsqu'on mélange les dissolutions de deux sels qui

limite, car ses dissolutions renferment environ de $^1/_{25}$ à $^1/_{50}$ des corps sur lesquels il opère, suivant la grandeur de leur équivalent. Je dois remarquer en passant qu'il a été mieux inspiré que moi en employant des dissolutions renfermant toutes un même nombre d'équivalents d'eau pour un équivalent de sel. La même mesure eut rendu mes observations plus comparables entre elles pour les divers corps.

ne peuvent donner lieu à aucune double décomposition, comme le sont deux sels ayant une même base ou un même acide, on observe toujours une variation de température plus ou moins appréciable, mais généralement inférieure à celle qui résulterait du mélange de ces dissolutions avec l'eau.

Il y a tantôt absorption, tantôt dégagement de chaleur sans que je puisse indiquer à cet égard de règle absolue. Cependant on observe le plus souvent une élévation de température lorsque les deux sels sont incapables de se combiner l'un avec l'autre, ainsi, en général, pour deux sels d'une même base, et dans les exemples suivants :

Chlorures de potassium et de sodium.

Azotate de potasse et acide azotique ou azotates de soude, de chaux et de plomb.

Au contraire, il y a le plus souvent abaissement de température par le mélange de deux sels susceptibles de former un sel double, ainsi :

Sulfate de soude et sulfate de cuivre ou de zinc,

Sulfate d'alumine et sulfates alcalins.

Du reste, l'abaissement se produit aussi quelquefois avec des sels qui ne contractent probablement pas de combinaisons, comme :

Azotate et acétate de plomb ou de soude.

Sulfate et azotate de potasse ou de soude.

D'ailleurs ces variations deviennent à peu près insensibles pour des dissolutions diluées à $\frac{1}{40}$.

Une réaction qui appartient à cet ordre de faits, mais qui donne lieu à une absorption de chaleur beaucoup plus considérable, est celle de l'acide sulfurique sur les sulfates alcalins. Ainsi, par le mélange d'un équivalent d'acide et d'un équivalent de sulfate de soude, j'ai obtenu les résultats suivants :

		Degrés.		Calories.
Dissolutions à $\frac{1}{10}$	....	—0,902	=	— 1141
» » $\frac{1}{20}$	....	—0,367	=	— 928
» » $\frac{1}{40}$	....	—0,130	=	— 658
» » $\frac{1}{80}$	....	—0,048	=	— 486

Le décroissement rapide de l'effet thermique, à mesure que la proportion d'eau augmente, se lie évidemment au fait signalé plus haut de la décomposition du bisulfate de soude par l'eau[1].

III. — *Dilution d'une dissolution renfermant deux sels non susceptibles de se décomposer.*

Si, après avoir mélangé deux dissolutions à $\frac{1}{10}$ de sels non susceptibles de se décomposer, on étend d'un égal volume d'eau la liqueur ainsi obtenue, on observe une variation de température du même ordre que celle qui se manifeste dans la dilution d'une dissolution d'un sel unique. Dans toutes mes expériences l'effet thermique a été à peu près égal à la somme algébrique de ceux qui auraient eu lieu pour les deux sels pris séparément, du moins les différences ne dépassaient guère les limites de l'erreur possible dans ces déterminations. On ne doit pas

[1] Cet exemple fera comprendre pourquoi j'ai fait quelques réserves au sujet de l'exactitude des calculs de M. Thomsen. Lorsque, dans l'étude de l'action de l'acide sulfurique sur l'azotate de soude, il doit tenir compte de l'effet thermique produit par la combinaison de l'acide sulfurique libre avec le sulfate de soude, il le suppose égal à celui qu'il a observé dans une expérience spéciale faite sur ces deux corps, pris à un état de dilution déterminé, mais différent de celui (inconnu d'avance) dans lequel ils se trouvent dans la réaction où l'on doit en tenir compte. Une semblable cause d'incertitude affecte toutes les autres données sur lesquelles il doit se baser pour calculer les effets thermiques des diverses réactions simples qui concourent à produire l'ensemble de la décomposition chimique.

s'attendre cependant à ce qu'il en soit toujours ainsi : on en a la preuve par les phénomènes tout différents qui accompagnent la dilution d'un mélange de sulfate de soude et d'acide sulfurique, et qui ont été signalés précédemment. Ce serait alors un indice que la dilution a déterminé la décomposition d'un sel double.

IV. — *Mélange de deux dissolutions susceptibles de donner lieu à une double décomposition.*

Les réactions de ce genre sont certainement les plus importantes, et c'était précisément dans le but de me préparer à leur étude que j'avais examiné d'abord les diverses circonstances accessoires que je viens d'énumérer. Il s'agissait, en effet, de savoir si l'on peut, dans l'étude des effets thermiques produits par les doubles décompositions, se mettre dans des conditions telles que l'on puisse négliger ceux qui résultent du changement apporté par la réaction même, dans l'état de dilution des liqueurs. Mais il ne me paraît pas qu'il en soit ainsi, et c'est le seul point que je veuille établir ici, pour montrer la difficulté de ce sujet.

Si l'on excepte quelques réactions spéciales, dans lesquelles les acides les plus énergiques déplacent les plus faibles, soit pour les mettre en liberté, soit pour déterminer leur combinaison avec les bases les moins énergiques, les effets thermiques produits par les doubles décompositions sont, en général, peu considérables. Pour des dissolutions à $\frac{1}{10}$ ils sont à peu près du même ordre que ceux qui résultent de la simple dilution des dissolutions, et je ne vois pas comment on pourrait faire exactement la part de ces deux ordres de réactions qui se passent simultanément. Il est vrai qu'il n'en est plus de même pour des

dissolutions beaucoup plus étendues, l'influence de la dilution diminuant, en général, suivant une progression très-rapide, tandis que l'effet thermique produit par la double décomposition doit rester le même. Mais, comme la variation de température, par laquelle on le mesure, diminue dans la même proportion que l'état de concentration des liqueurs, on arrive à avoir à mesurer de si faibles variations que leur détermination exacte ne paraît plus guère possible. D'ailleurs, ce moyen de se soustraire à l'influence de la dilution ne réussirait que dans certains cas, puisque nous avons vu qu'il y avait des corps, tels que l'acide sulfurique, dont la dilution donne lieu à un effet croissant, à mesure que la proportion d'eau augmente.

Peut-être parviendra-t-on à vaincre ces difficultés, ou à les éliminer par le calcul, en poursuivant l'étude d'une même réaction dans des conditions de dilution très-variées, mais il faudrait pour cela atteindre le plus haut degré d'exactitude dans les déterminations.

Un seul résultat, digne d'être signalé, est ressorti de mes essais sur les doubles décompositions. Si, après avoir mélangé deux sels AB et $A'B'$, on détermine les variations de température que subit la liqueur par l'addition d'eau, on obtient les mêmes résultats qu'en opérant sur le mélange des sels AB' et $A'B$[1]. Ce fait s'accorde avec un grand nombre d'autres observations qui établissent le principe, généralement admis d'ailleurs, que, dans une dissolution renfermant plusieurs acides et plusieurs

[1] Du moins dans la limite d'approximation que permettent des expériences de cette nature. Je ne serais point surpris que cette identité cessât de se manifester si l'on parvenait à mesurer ces variations avec une beaucoup plus grande exactitude.

bases, il s'établit un équilibre indépendant de l'état initial des combinaisons qui ont été introduites dans cette dissolution.

Mais ce n'est pas seulement en raison de l'effet thermique direct, produit par la dilution sur les corps contenus dans une dissolution, que l'eau peut exercer une influence sur les reactions dont il s'agit ici. Il se présente, en effet, une autre question plus grave. La décomposition chimique produite dans ces réactions ne varie-t-elle pas avec la proportion d'eau dans laquelle elles se passent ?

Cette supposition me paraît toute naturelle. La plupart des chimistes admettent, en effet, maintenant, que l'on ne peut établir aucune différence, quant à leur nature et à leur mode d'action, entre les affinités énergiques qui déterminent les combinaisons définies, et les affinités plus faibles, d'où résultent des combinaisons indéfinies, telles que les dissolutions. Il faut donc nécessairement admettre que, dans les réactions qui se passent au sein de l'eau, l'affinité de celle-ci pour les divers corps qui tendent ou à se décomposer ou à prendre naissance, doit influer sur la marche de la réaction et cela d'une manière variable, suivant la proportion d'eau.

Nous avons déjà été conduits à admettre cette action décomposante de l'eau pour expliquer le dégagement croissant de chaleur que l'on observe lors de la dilution du bisulfate de soude.

Je crois en trouver aussi la preuve dans les expériences suivantes relatives à la décomposition de l'azotate et du chlorure de sodium par l'acide sulfurique, et du sulfate de soude par l'acide chlorhydrique et l'acide azotique, et où l'on voit que l'effet thermique, accompagnant ces dé-

compositions varie suivant une progression régulière, à mesure que les dissolutions sont plus étendues.

Le tableau suivant résume ces expériences, dans lesquelles on a toujours fait réagir un équivalent d'acide sur un équivalent de sel :

Dilution.	HO,SO^3 et $NaO.AzO^5$		HO,SO^3 et $NaCl$		HO,AzO^5 et NaO,SO^3		HCl et NaO,SO^3	
	Degrés.	Calor.	Degrés.	Calor.	Degrés.	Calories.	Degrés.	Calories.
$\frac{1}{10}$	+0.154	+218	+0.066	+ 74	-1,400	-1965	-1.517	-1704
$\frac{1}{20}$	+0.118	+331	+0.106	+239	-0.607	-1703	-0,728	-1636
$\frac{1}{40}$	+0.080	+449	+0.077	+349	-0.265	-1486	-0.326	-1465
$\frac{1}{80}$	+0.048	+539	+0,052	+467	-0.112	-1255	-0.134	-1205

Cette influence décomposante de l'eau est rendue peut-être plus évidente encore dans les expériences suivantes, bien qu'elles ne soient au fond qu'une confirmation des précédentes.

Si l'on fait un mélange, en proportions équivalentes, d'acide sulfurique et de chlorure de sodium, ou, ce qui reviendra au même, d'acide chlorhydrique et de sulfate de soude, en dissolution à $\frac{1}{10}$, puis si l'on étend d'eau ce mélange, de manière à porter successivement la dilution à $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{40}$, etc., on observe dans ces dilutions successives un effet thermique qui va rapidement en croissant. Il en est de même pour un mélange d'acide sulfurique et d'azotate de soude ; dans ce cas même il en résulte un fait assez singulier, c'est un changement de signe dans l'effet produit.

Voici, en effet, ces résultats rapportés toujours à un équivalent, et au mélange de la dissolution avec un égal volume d'eau. Comme dans tous les cas, les variations

de température sont très-faibles, ne dépassant guère 0°,03, j'ai dû, pour arriver à un certain degré d'approximation, prendre la moyenne d'un grand nombre d'expériences :

Dilution.	HO,SO^3 + $NaCl$ ou HCl + NaO,SO^3		HO,SO^3 + NaO,AzO^5 ou HO,AzO^5 + NaO,SO^3	
	Degrés.	Calories.	Degrés.	Calories.
$\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$	+0,024	+ 54	−0,032	− 90
$\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{40}$	+0,033	+149	+0,008	+ 45
$\frac{1}{40}$ à $\frac{1}{80}$	+0,026	+234	+0,015	+169
$\frac{1}{80}$ à $\frac{1}{160}$	+0,019	+343	+0,015	+338

Si l'on compare ces résultats avec ceux que nous avons obtenus par la dilution des sels simples, ou des mélanges de sels non susceptibles de se décomposer, on sera, je crois, convaincu qu'il n'y a pas ici un simple phénomène de dilution, mais bien la preuve d'une décomposition chimique qui a lieu entre les sels mélangés et qui s'accroît progressivement avec la proportion d'eau.

D'ailleurs, ce n'est pas seulement dans la réaction des acides sur les sels qu'on observe des phénomènes semblables. On peut les rencontrer aussi dans les doubles décompositions de sels neutres. En voici la preuve, tirée de la détermination de l'effet thermique produit par le mélange d'un équivalent d'acétate de soude avec un équivalent de sulfate d'alumine.

	$NaO,C^4H^3O^3$ et $Al\frac{2}{3}O,SO^3$ Degrés.		Calories.
Dilution à $\frac{1}{10}$	−1,660	=	−2454
» $\frac{1}{20}$	−0,895	=	−2643
» $\frac{1}{40}$	0,478	=	−2823
» $\frac{1}{50}$	−0,253	=	−2988
» $\frac{1}{160}$	−0,129	=	−3047

Il me paraît résulter évidemment de là que la double décomposition entre ces deux sels est d'autant plus complète que leurs dissolutions sont plus étendues.

Remarquons en passant que ces dernières expériences montrent combien est erroné le prétendu principe de la thermo-neutralité, énoncé pour la première fois par M. Hess, à la suite de ses recherches thermo-chimiques, et dont MM. Favre et Silbermann avaient cru voir la confirmation dans leurs propres expériences. D'après ce principe, en effet, la double décomposition entre deux sels neutres ne devrait donner lieu à aucun effet thermique.

Enfin je dois signaler une anomalie, qui se manifeste dans mes expériences, et qu'il me paraît difficile d'attribuer à de simples erreurs.

Lorsqu'on part de dissolutions à $\frac{1}{10}$ d'acide sulfurique et d'azotate de soude, pour arriver au mélange de ces deux corps en dissolution à $\frac{1}{80}$, on peut procéder de deux manières. On peut mélanger immédiatement les deux dissolutions à $\frac{1}{10}$, puis ajouter au mélange sept fois son volume d'eau, ou bien diluer d'abord à $\frac{1}{80}$ chacune des deux dissolutions séparément et les mélanger ensuite. Si l'on admet que l'on arrive dans les deux cas au même état final, la somme des effets thermiques devrait être identique; or, ce n'est pas ce qui a lieu.

Nous avons, en effet, en suivant la première voie :

Mélange des dissolutions à $\frac{1}{10}$	+218
Dilution du mélange de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{80}$	+124
Somme	+342

Pour la seconde nous aurions :

Dilution de l'acide sulfurique de $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{80}$ ..	+412
Dilution de l'azotate de soude » » ..	−521
Mélange des dissolutions à $\frac{1}{80}$	+539
Somme	+430

Je suis disposé à reconnaître que la différence entre ces deux résultats peut, dans ce cas particulier, n'être due qu'à l'imperfection des déterminations. Mais un fait singulier, et qui peut faire croire qu'il y a là autre chose qu'une erreur accidentelle, c'est qu'un calcul analogue, appliqué à toutes mes expériences, donne dans tous les cas des différences semblables, et toujours dans le même sens, comme on peut le voir par le tableau suivant, dans lequel les résultats seuls de ces calculs sont indiqués. Il suppose que l'on parte toujours des dissolutions normales à $\frac{1}{10}$.

Substances mélangées.	Dilution finale.	La dilution précédant le mélange.	La dilution suivant le mélange.
$HO,SO^3 + NaO,AzO^5$.	$\frac{1}{20}$	$+ 101^c$	$+ 128^c$
» »	$\frac{1}{40}$	+ 248	+ 173
» »	$\frac{1}{80}$	+ 430	+ 342
$HO,SO^3 + NaCl$	$\frac{1}{20}$	+ 126	+ 128
» »	$\frac{1}{40}$	+ 278	+ 277
» »	$\frac{1}{80}$	+ 561	+ 511
$HO,AzO^5 + NaO,SO^3$ . .	$\frac{1}{20}$	—1998	—2057
» »	$\frac{1}{40}$	—1918	—2012
» »	$\frac{1}{80}$	—1735	—1847
$HCl + NaO,SO^3$. . .	$\frac{1}{20}$	—1615	—1650
» »	$\frac{1}{40}$	—1406	—1501
» »	$\frac{1}{80}$	—1087	—1267
$HO,SO^3 + NaO,SO^3$. . .	$\frac{1}{20}$	—1107	—1083
» »	$\frac{1}{40}$	— 828	— 881
» »	$\frac{1}{80}$	— 509	— 568

Sauf dans quelques cas, où les différences sont bien inférieures à la grandeur de l'erreur probable et ne peuvent, par conséquent, être invoquées, elles ont toujours lieu dans un sens tel qu'elles s'expliqueraient en admet-

tant que la dilution, suivant le mélange de dissolutions concentrées, n'amène pas complétement, ou peut-être pas immédiatement, le même état d'équilibre que celui qui se produit par le mélange de dissolutions préalablement étendues; la décomposition chimique, produite par le premier mode, demeure toujours plus rapprochée de celle qui a lieu dans les liqueurs concentrées.

Je ne donne point ce résultat comme un fait acquis dès à présent. Mais j'ai cru devoir le signaler comme méritant d'être vérifié avec des appareils qui permettraient des mesures plus exactes, et dans des expériences où l'on tiendrait compte des variations de chaleur spécifique et de densité des dissolutions employées.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

PHYSIQUE.

E. WARBURG. UEBER DIE DÆMPFUNG, etc. DE L'EXTINCTION DES SONS DES CORPS SOLIDES VIBRANTS, SOUS L'ACTION DES RÉSISTANCES INTÉRIEURES. (*Monatsberichte der Kön. Preuss. Akademie der Wissenschaften.* Juli 1869, p. 538.)

Dans notre numéro de mai de cette année, nous avons rendu compte des expériences à l'aide desquelles M. Warburg a démontré qu'il se produit dans tous les corps solides en vibration une élévation de température provenant de la transformation du mouvement vibratoire initial en mouvements moléculaires et en chaleur. Dans son dernier travail, l'auteur est arrivé à reconnaître, à l'aide de nombreuses expériences, que les résistances intérieures éteignent beaucoup plus vite les sons hauts que les sons bas, et il a cherché ensuite à déterminer le rôle que jouent ces résistances et la cause de cette diversité d'action sur les sons de différentes natures.

Si l'on met une tige solide d'une substance quelconque en contact avec un corps solide vibrant, les oscillations de ce dernier se transmettront à la tige et se propageront ensuite dans son intérieur en diminuant continuellement d'intensité à mesure qu'elles s'éloignent de l'extrémité en contact avec le corps sonore.

Il s'agissait de démontrer que cet affaiblissement est beaucoup plus grand pour les sons hauts que pour les sons bas. Pour cela, M. Warburg mettait la tige sur laquelle il voulait opérer en contact avec une boîte à musique disposée de telle sorte que les sons qu'elle rendait et qui étaient évidemment des plus divers, ne pussent arriver à l'oreille que par l'intermédiaire de la tige. A cet effet, la boîte à musique était renfermée dans

un sac de caoutchouc lequel était suspendu par des fils dans un second sac également en caoutchouc, ayant 250mm de profondeur, plein d'eau et suspendu lui-même par ses bords dans un vase cylindrique en verre. De cette façon les mouvements vibratoires de l'instrument ne se transmettaient absolument pas à l'air extérieur, et l'on ne percevait aucun son si ce n'est à la surface libre de l'eau où les vibrations étaient déjà fort affaiblies par le fait de la profondeur à laquelle plongeait la boîte à musique. Cela étant, la tige dont on voulait étudier la conductibilité pour les différents sons était mise en contact à l'une de ses extrémités avec la boîte à musique, à l'autre, avec une caisse sur laquelle on plaçait l'oreille, et qui était destinée à augmenter l'intensité des sons. Ainsi, en opérant avec une tige de caoutchouc ayant 460mm de longueur et 6mm d'épaisseur, on ne percevait que les sons les plus bas du morceau de musique exécuté par l'instrument ; les vibrations correspondant à des notes élevées étaient détruites presque immédiatement après s'être communiquées à la tige. Il est facile de reconnaître que cette extinction des notes hautes est due uniquement aux résistances intérieures et point aux résistances extérieures telles que celle de l'air : car si l'on suspend la boîte à musique par un fil de caoutchouc dans un espace vide d'air, l'on ne perçoit également à l'autre extrémité de ce fil que des notes basses, tandis qu'en remplaçant ce fil par un tube de plomb, l'on entend aussi bien les sons élevés que les sons bas [1].

[1] M. Weber a été le premier à montrer que les vibrations des corps solides cessent très-rapidement, même en l'absence de toute résistance extérieure ; depuis lors plusieurs physiciens se sont préoccupés de cette question, tout dernièrement encore M. Dupré et M. Rozé l'ont traitée, l'un à propos de la théorie du choc, l'autre en étudiant l'extinction des mouvements vibratoires d'un spiral cylindrique dans le vide. Il est intéressant de comparer les travaux de ces deux physiciens à celui de M. Warburg. M. Dupré termine la note qu'il a présentée à l'Académie des sciences, au mois de janvier de cette année, par ces mots : « Dans la seconde partie du mémoire se trouve une

En employant dans la première expérience des tiges de bois, d'acier, de verre, de plomb, de cire, en lieu et place de la tige de caoutchouc, et de mêmes dimensions qu'elle, l'on percevait également bien les notes hautes et les notes basses. Un fil de cuivre ayant 30^m de long et $0^{mm}.2$ de diamètre transmettait également bien tous les sons; un fil de plomb de 11^m de long et $1\ {}^1/_2{}^{mm}$ de diamètre arrêtait au contraire d'une manière absolue les sons élevés. Une corde de chanvre de $4^m.5$ transmettait les sons élevés lorsqu'elle était suffisamment tendue, sans cela elle les arrêtait complétement.

L'effet qui a été constaté avec des tiges de différentes substances se reproduit identiquement lorsque les vibrations se propagent à travers un tube de cette même substance.

Un tube de verre transmet tous les sons en en renforçant quelques-uns, un tube de caoutchouc absorbe en grandes proportions les sons hauts et cela d'autant plus que son diamètre intérieur est plus grand, toutes circonstances égales d'ailleurs. Cela tient à ce que les sons sont imparfaitement réfléchis par les parois de caoutchouc et à ce qu'une grande portion du mouvement est transmise à l'air extérieur, une plus grande partie encore au tube de caoutchouc qui se met à vibrer lui-même transversalement, mais qui ne laisse se pro-

première étude de ce que l'auteur appelle *choc interne ;* elle prouve que la force vive d'un système matériel se transforme en partie en chaleur à chaque instant, à moins qu'il ne soit en repos relatif sans aucune tension provenant de l'élasticité de forme. » (*Comptes rendus*, tome LXVIII, p. 55.) M. Rozé, dans la note à laquelle nous avons fait allusion, s'était exprimé ainsi : «...... Cependant j'ai pu reconnaître, dans un grand nombre de circonstances, qu'il y a perte de force vive, indépendamment de toute cause de déperdition à l'extérieur. » Puis il termine en disant : « que le but de ses recherches était de trouver sous une forme quelconque, peut-être calorifique, un équivalent du travail disparu. » (*Comptes rendus*, tome LXVII, p. 1240 et 1242.) Ces idées théoriques se trouvent pleinement confirmées par les expériences de M. Warburg, et l'on voit que ces divers travaux tendent à modifier considérablement les idées que l'on se faisait de l'élasticité des corps solides.

pager dans son intérieur que les oscillations correspondant aux sons les plus bas. A côté de cet effet, il pourrait se faire aussi que les sons hauts fussent moins bien réfléchis par les parois du tube de caoutchouc que les sons bas.

Tels sont les faits : M. Warburg a cherché ensuite à les interpréter et à déterminer la cause de l'extinction plus rapide des sons élevés que des sons bas.

Lorsque les oscillations d'un corps ne sont entretenues que par son élasticité, toute diminution de la durée des oscillations de ce corps est nécessairement accompagnée d'une diminution de la longueur d'onde, partant d'une augmentation du déplacement moléculaire moyen, l'amplitude des maxima d'oscillation demeurant la même. De manière à pouvoir étudier le rôle que jouent séparément la plus ou moins grande rapidité des mouvements vibratoires et la longueur d'onde dans l'extinction plus ou moins prompte de ces vibrations, M. Warburg a imaginé de rendre indépendants ces deux éléments du mouvement vibratoire et cela en ajoutant à l'action produite par l'élasticité propre du corps l'action extérieure du magnétisme.

Cette idée, il l'a réalisée en construisant une balance de torsion avec un aimant suspendu à un fil de diverses substances. Pour étudier l'influence qu'exerce la longueur d'onde sur la durée totale du mouvement oscillatoire, on fera varier la longueur du fil et en même temps on rapprochera ou éloignera de l'aimant de la balance un second aimant qui diminuera ou accélérera son mouvement et permettra par conséquent de ramener la durée de l'oscillation à être toujours la même : de telle sorte que l'on pourra faire varier la durée des oscillations sans modifier la longueur d'onde, et inversément faire varier la longueur d'onde sans rien changer à la durée des oscillations. L'auteur a opéré de la sorte sur des fils de caoutchouc, de soie, de verre et de divers métaux. Il a constaté en premier lieu que les résistances intérieures arrêtent d'autant plus vite les oscillations d'un fil que la du-

rée de ces oscillations est plus grande, et en second lieu que l'action de ces résistances se fait moins vite sentir dans le cas d'un fil long que dans le cas d'un fil court. Comparant enfin les résultats obtenus pour les oscillations de torsion d'un fil avec les faits qu'il avait précédemment observés au sujet de l'inégale transmission des sons de différentes hauteurs à travers les corps solides, M. Warburg conclut qu'il ne faut point attribuer le fait que les sons hauts sont plus vite éteints que les sons bas à ce qu'ils correspondent à des vibrations plus rapides, comme on serait tout d'abord porté à le croire, mais à ce qu'ils correspondent à de plus petites longueurs d'onde.

De même que dans un seul et même corps les sons les plus élevés correspondent aux longueurs d'onde les plus petites, de même pour deux corps différents, celui des deux qui transmet le moins vite un son d'une hauteur donnée, se divise en longueurs d'onde plus petites que celui qui le transmet plus vite.

Dans le cas des oscillations lentes, étudiées à l'aide de la balance de torsion, l'effet a toujours été le même, quelle que fût la substance sur laquelle on opérait, toujours le mouvement s'est ralenti d'autant plus rapidement que le fil était plus court et la durée de ses oscillations plus grande; dans le cas de la transmission du son à travers les corps solides, l'on a au contraire observé de grandes différences entre les divers corps. Les uns en effet absorbent les sons hauts tandis que les autres les transmettent. Or, ceci s'explique facilement : l'on conçoit en effet que les différences qui pourraient se produire dans l'absorption des sons de différentes hauteurs soient nulles ou à peu près dans le cas des corps qui transmettent très-rapidement les sons et cela pour deux causes, d'abord parce que, dans ces corps-là, les longueurs d'onde, d'après ce que nous venons de dire, sont infiniment plus grandes et ensuite parce que le temps pendant lequel les résistances intérieures agissent est beaucoup plus court. E. S.

G. Krebs. Versuche ueber Siedverzüge. Expériences sur des retards d'ébullition. (*Poggend. Annalen*, tome CXXXVIII, p. 439.)

Les *Archives* ont déjà rendu compte à deux reprises [1] des recherches entreprises par M. Krebs sur les causes qui retardent l'ébullition de l'eau et qui amènent par ce fait même des explosions souvent très-violentes. Dans une nouvelle note publiée récemment sur le même sujet, ce physicien ajoute quelques détails intéressants aux faits observés par M. Donny [2], par M. Marcet [3], par M. L. Dufour [4] et par lui-même.

L'on se souvient des belles expériences à l'aide desquelles M. Dufour montra que l'ébullition de l'eau, lorsqu'elle est presque entièrement débarrassée de l'air qu'elle renfermait en dissolution, est souvent considérablement retardée. L'on sait aussi que ce physicien a vu dans ce fait l'une des causes principales des explosions des chaudières. Voici en effet ce qui se passerait selon lui. Dès que le feu est éteint, la vapeur se condense dans l'intérieur de la chaudière et il s'y forme un vide relatif; grâce à cette diminution de pression, l'eau continue à bouillir encore un instant: lorsque l'ébullition est arrêtée, le vide continuant à se faire, la pression devient sensiblement inférieure à celle à laquelle l'eau devrait rentrer en ébullition avec la température qu'elle possède. Dans ces conditions-là, si la chaudière vient à être ébranlée ou si l'on rallume le feu un instant éteint, l'ébullition se produit dans toute la masse liquide à la fois, et il s'en suit très-fréquemment une explosion. Telle est la théorie à l'aide de laquelle, on s'en souvient, M. Dufour a interprété des faits demeurés longtemps incompréhensibles.

[1] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1868, tome XXXII, p. 224, et 1869, tome XXXIV, p. 270.

[2] *Annales de chimie et de phys.*, 3me série, tome XVI, p. 167.

[3] *Bibliothèque Universelle*, 1842, tome XXXVIII, p. 388.

[4] *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1861, t. XII, p. 210; 1864, t. XXI, p. 201; 1865, t. XXIV, p. 5.

Il avait trouvé que, lorsque l'ébullition a été ainsi retardée, on la fait naître subitement en produisant un dégagement de gaz dans l'intérieur de la masse liquide, ou bien en lui faisant subir un ébranlement subit, enfin en la soumettant à une brusque diminution de pression. Ces faits ont été confirmés par les expériences de M. Krebs, qui s'est attaché à varier de diverses manières les ingénieuses expériences de M. Dufour.

L'appareil, dont le physicien allemand s'est servi dans ses dernières recherches, consiste en deux ballons de verre fermés par des bouchons de caoutchouc et reliés par un tube en verre recourbé deux fois à angle droit : ce tube s'ouvre à la partie supérieure du premier ballon, tandis qu'il plonge presque jusqu'au fond du second. Un autre tube en verre partant de la partie supérieure du second ballon, et recourbé aussi deux fois à angle droit, plonge, par l'extrémité inférieure de sa plus longue branche, dans une éprouvette pleine de mercure. Les deux ballons ont une contenance d'un litre environ : le premier est rempli en partie par de l'eau de source ou de l'eau distillée dans laquelle on fait plonger la boule d'un thermomètre. Le second, destiné à remplir le rôle de condenseur reste vide. L'on commence par faire bouillir l'eau contenue dans le premier ballon jusqu'à ce qu'il sorte de la vapeur par l'extrémité du long tube de verre : on plonge ensuite celui-ci dans le mercure en même temps que l'on écarte la flamme de dessous le ballon. La vapeur se condense lentement dans l'intérieur de l'appareil et l'on voit monter le mercure parfois jusqu'à plus de 20 pouces de hauteur. L'eau qui a continué de bouillir pendant un instant s'arrête souvent à une température supérieure à 80° quoiqu'il se soit déjà produit un vide très-notable : dès lors si l'on entoure le second ballon à ce moment-là de glace fondante de manière à produire une diminution brusque de pression, l'on détermine une ébullition violente souvent accompagnée d'une explosion. Il arrive même assez souvent que l'explosion se pro-

duit dans ces circonstances-là sans cause extérieure et sans qu'il soit nécessaire de refroidir le second ballon.

Il va sans dire que, pour obtenir un retard d'ébullition suffisant, il faut avoir la précaution de laver préalablement le ballon, dans lequel il devra se produire, avec de l'eau acidulée et de faire bouillir deux ou trois fois l'eau sur laquelle on veut opérer. L'expérience réussit plus facilement dans une pièce chaude que dans une pièce froide, en été qu'en hiver, par le fait que la condensation de la vapeur s'opère plus lentement et que l'eau s'arrête de bouillir à une température plus élevée que dans le cas contraire. De plus, avec la disposition de l'appareil telle que nous l'avons décrite, l'on conçoit que l'eau qui s'est déposée par condensation dans le second ballon entrera en ébullition au moment où l'on versera de la glace fondante sur celui-ci, et deviendra par conséquent un obstacle à l'explosion. Pour obtenir un effet plus énergique, il convient donc de donner au condenseur une position renversée et de l'entourer d'un vase à double enveloppe. Dans la portion extérieure de ce vase, l'on commencera par verser de l'eau chaude à l'instant où l'on aura retiré la flamme, puis lorsque l'ébullition sera arrêtée, l'on versera de la glace fondante tout autour du condenseur dans le compartiment intérieur de ce vase. On ralentit de la sorte la condensation de la vapeur dans l'intérieur de l'appareil et on évite l'ébullition de l'eau formée dans le condenseur, aussi l'on augmente sensiblement les chances d'explosion.

M. Krebs a encore donné une autre forme à son appareil. Le second ballon étant renversé comme dans l'expérience précédente, il le fait communiquer avec un cylindre de ferblanc muni d'un ajutage. Un robinet ferme cet ajutage, un autre le tube qui relie le ballon au cylindre, enfin ce dernier est entouré d'un vase destiné à contenir de l'eau froide ou de la glace fondante. A l'aide d'une ébullition prolongée pendant quelques instants, l'on remplit tout l'appareil de vapeur, l'on ferme ensuite l'ajutage par lequel elle s'échappe, la conden-

sation s'opère lentement dans l'intérieur de l'appareil, puis quand l'eau a cessé de bouillir on ferme aussi le robinet du tube, on verse de la glace fondante dans le vase qui entoure le cylindre de fer-blanc, de manière à produire dans celui-ci un vide presque absolu, on ouvre ensuite le robinet du tube et l'on détermine de la sorte une violente ébullition, parfois une explosion qui brise le premier ballon et dans certains cas même le second. M. Krebs a reconnu toutefois qu'il se produit plus fréquemment une explosion dans le cas où l'on ne ferme pas le robinet du tube, comme s'il arrivait qu'une condensation lente fût plus favorable à ce phénomène qu'une diminution brusque de pression.

Quoi qu'il en soit, l'auteur a constaté que l'explosion se produit dans un certain nombre de cas par le seul fait de la diminution de la pression et sans qu'aucune cause extérieure telle que: ébranlement, diminution brusque de pression, etc., vienne la faciliter. Il a observé à plusieurs reprises avec l'un ou l'autre de ses appareils, que la flamme une fois écartée, l'ébullition continuait d'abord sous sa forme ordinaire, puis ne tardait pas à devenir irrégulière et à se produire seulement par intervalles et par sauts brusques, jusqu'au moment où elle s'étendait subitement à toute la masse du liquide avec accompagnement d'une violente explosion. C'est là le fait vraiment nouveau et intéressant qui ressort de ce travail; quant au reste, il est évident que l'on peut varier de mille manières la forme de ces diverses expériences, et rendre peut-être plus facile pour les cours la démonstration des faits mis en lumière par M. Dufour. E. S.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

Francis Walker. Catalogue of the specimens of Blattariæ of the Collections of the British Museum.

M. Francis Walker est probablement l'entomologiste le plus fécond de notre siècle. Il a publié un nombre de mé-

moires étonnant, des ouvrages nombreux, et la liste de ses productions intarissables est encore loin d'être close. Aucun ordre d'insectes n'a échappé à sa plume infatigable : coléoptères, diptères, hémiptères, hyménoptères, orthoptères, lépidoptères, il les connaît tous et travaille sur tous avec une égale facilité et une rapidité sans pareille. Il est vrai qu'il possède le secret de ne point se perdre dans les complications de la synonymie, ce qui lui vaut sans doute beaucoup de temps, et qu'il ne s'arrête pas toujours au détail de savoir si l'on reconnaîtra ou non les espèces qu'il décrit. C'est ainsi qu'après avoir habilement nivelé le terrain raboteux de l'entomologie, où tant d'autres se traînent péniblement, il le parcourt au galop sans la moindre gène et sans paraître jamais y rencontrer aucune pierre d'achoppement.

D'un autre côté la publication des catalogues du British Museum a toujours été chez M. G.-E. Gray une véritable passion. Naguère ces ouvrages paraissaient sous la forme de petits volumes bleus in-12, invariablement précédés d'une préface de M. Gray pour annoncer en quelques mots que l'objet du catalogue était de donner la liste de toutes les espèces connues et la description des espèces nouvelles que renfermait le British Museum, ce qui, sans rien apprendre à personne, a du reste préparé plus d'une déception. Aujourd'hui les catalogues paraissent dans les formats les plus variés, mais la préface n'en est pas devenue pour cela plus substantielle.

Au point de vue scientifique l'on peut se demander quel doit être le but de ces « *Catalogues* » tels que nous les voyons paraître. En effet, les ouvrages de ce genre n'offrent d'utilité que s'ils sont rédigés dans un but déterminé, et nous comprenons le catalogue surtout sous deux formes différentes : 1° Il peut donner la liste de ce qui a paru sur un sujet particulier, et constituer ainsi une bibliographie très-utile à consulter. Sous ce rapport nous citerions volontiers le catalogue de M. S. Scudder sur les Orthoptères de l'Amérique.

— 2° S'il doit contenir aussi la description des espèces nouvelles, de manière à offrir un tout zoologique complet, il faut que le sujet *soit traité d'une manière monographique*, et c'est là ce qu'a fait avec un remarquable talent M. O. Westwood lorsqu'il fut chargé d'établir le catalogue des Phasmides du British Museum. Mais entasser pêle-mêle des listes d'espèces anciennes et des descriptions d'espèces nouvelles faites à la hâte, le plus souvent sans ordre et sans méthode, c'est simplement créer le chaos et préparer à la synonymie un imbroglio renouvelé de celui de la tour de Babel; et c'est là ce qu'on peut malheureusement reprocher à plus d'un catalogue sorti de la fabrique du British Museum sous la fébrile impulsion de M. Gray [1].

Comme on peut le supposer, M. Walker et M. Gray sont hommes faits pour s'entendre, et ils s'entendent en effet à merveille, car ils sont tous les deux passés maîtres dans l'art de produire, et également expéditifs quand il s'agit de publier.

Le récent catalogue des Blattaires de M. Walker appartient malheureusement à cette catégorie des ouvrages chaotiques auxquels nous venons de faire allusion, et sous ce rapport il ne diffère malheureusement pas de tant d'autres volumes dont le même auteur fut le père, et qui sont du reste trop connus pour que nous ayons à y insister.

Dans ce catalogue, toutes les fautes des auteurs antérieurs se trouvent reproduites sans la moindre critique, et la préface stéréotypée du conservateur des collections du British Museum est fortement prise en défaut lorsqu'elle affirme que le catalogue donne la liste complète des genres et espèces

[1] Nous ne prétendons pas, bien entendu, parler ici de tous les catalogues du British Museum. Dans le nombre il se trouve des ouvrages sérieux et fort recommandables, parmi lesquels nous citerons en particulier le catalogue des *Poissons* fait par Gunther, celui des *Polyzoa* (bryozoaires) rédigé par Bosk, etc. Mais le plan de ces ouvrages, tel qu'il a été conçu par M. Gray, n'en reste pas moins un plan vicieux.

déjà connus. Nous n'y trouvons pas même citée une seule fois la monographie classique de M. Brunner de Wattenwyl, le traité par excellence de la famille des Blattaires, et on en peut dire autant de divers autres travaux importants. Sans doute, dans le siècle où nous vivons, et vu la grande activité de la presse, lorsqu'il ne s'agit pas d'une monographie complète, un auteur ne saurait encourir de grands reproches pour quelques mémoires qui lui auraient échappé. Mais prétendre dresser un catalogue *complet*, le farcir d'innombrables descriptions d'espèces nouvelles, sans tenir le moindre compte du principal ouvrage qui traite de la matière et qui seul donne la méthode naturelle de la famille dont il s'agit, et cela au British Museum où sont accumulées des ressources bibliographiques, telles qu'on n'en rencontre nulle part ailleurs, cela paraîtra sans doute quelque peu merveilleux !

Comme conséquence de semblables omissions, aucun compte n'est tenu des nombreux genres introduits par M. Brunner, et tous parfaitement admis aujourd'hui ; aussi, les espèces appartenant à des tribus et à des genres différents, se trouvent-elles entre-mêlées de telle manière qu'il devient impossible de les reconnaître ; d'autant moins que l'auteur se perdant dans des caractères de couleur, nulle mention n'est faite des véritables caractères utiles de la vénulation de l'aile et des pièces anales, qui seuls jetteraient quelque jour sur la vraie position des espèces. Ajoutons que dans les genres les plus difficiles on rencontre des séries de 40, 60 et jusqu'à 123 espèces, énumérées ou décrites à la file sans subdivisions de genres. Quand nous disons « sans subdivisions, » ce n'est pas que les genres ne soient coupés par des sections, mais comme l'auteur n'a point pris la peine de les définir par aucune diagnose, c'est à peu près comme si les sections n'existaient pas.

On peut se demander si des ouvrages établis sur les bases qui précèdent s'imposent forcément à la science suivant les règles généralement admises en zoologie. En France et en

Allemagne on a déjà répondu négativement à cette question. Nous ne prétendons pas la trancher, mais nous croyons que la force des choses se chargera d'y répondre dans le même sens. Eu égard au cas particulier qui nous occupe, il ne sera guère possible de tenir compte du nouveau catalogue des Blattides tant que l'auteur n'aura pas publié une sorte de « Concordance » entre son travail et l'important ouvrage de M. Brunner de Wattenwyl, et l'on ne saurait trop l'engager, dans son propre intérêt, à refaire son catalogue pour le mettre au niveau de la science, car nous ne voyons pas comment on pourra se tirer de cet ouvrage, à moins d'aller consulter les types mêmes au British Museum.

M. Gray est un esprit prompt : il n'aime pas les lenteurs. Il n'a pas voulu confier à l'illustre M. Westwood la suite des catalogues des orthoptères, parce qu'à son gré M. Westwood ne travaillait pas suffisamment vite, et il faut avouer qu'en M. Walker il a trouvé un rédacteur plus expéditif.

H. S.

LEYDIG. SUR LES ORGANES D'UN SIXIÈME SENS. (*Ueber Organe eines sechsten Sinnes; zugleich ein Beitrag zur Kenntniss des feineren Baues der Haut bei Amphibien und Reptilien.* Dresden, 1868, in-4°, 108 p. et 5 pl.) — Franz BOLL. DIE LORENZINISCHEN AMPULLEN, etc. LES AMPOULES DE LORENZINI CHEZ LES SÉLACIENS. (*Archiv für micr. Anat.*, IV, 1868, p. 375-391, avec 1 pl.) — Fr.-Eilhard SCHULZE. UEBER DIE SINNESORGANE, etc. SUR LES ORGANES DES SENS DE LA LIGNE LATÉRALE CHEZ LES POISSONS ET LES AMPHIBIES. (*Ibid.*, VI, 1870, p. 62-88, et 3 pl.)

Sous la dénomination « organes d'un sixième sens » M. Leydig réunit toute une série d'appareils à rôle plus ou moins problématique, les uns connus depuis longtemps déjà, les autres de découverte récente. Tous ces organes ont ceci de commun avec les organes des sens mieux connus qu'ils

consistent essentiellement en un épanouissement nerveux périphérique, protégé par une disposition anatomique particulière. Les différents appareils terminaux auxquels M. Leydig attribue le sixième sens encore si problématique ont en outre, aux yeux de ce savant, un caractère commun et très-spécial, celui de ressembler à une *glande* à tel point qu'on peut se demander si la faculté sensitive de ces organes n'entraînerait pas comme condition essentielle une sécrétion.

Cette idée, peut-être bizarre, d'un organe sensitif *glandulaire* trouvera, et a même déjà trouvé des contradicteurs. En revanche, tout le monde est plus ou moins d'accord aujourd'hui pour reconnaître, au moins dans la plus grande partie des organes en question, des appareils de sensations difficiles à préciser. Considérons rapidement ces organes les uns après les autres.

Les premiers, au point de vue de la date de la découverte, sont des tubes remplis d'une matière gélatineuse, dont l'une des extrémités est fermée en cul-de-sac et l'autre s'ouvre à la surface de la peau chez les Raies, les Requins et les Chimères. Ces organes font en revanche défaut aux Téléostéens, aux Ganoïdes et aux Cyclostomes. Ils paraissent avoir été déjà connus du célèbre anatomiste danois Stenson (plus connu sous le nom de Sténon). Toutefois la première étude détaillée fut faite par un élève de Redi, du nom de Lorenzini (1678). Aussi M. Boll propose-t-il de donner à ces appareils le nom d'ampoules de Lorenzini. L'anatomiste italien considéra ces tubes comme des organes de sécrétion et c'est ce que firent aussi tous ses successeurs jusqu'au moment où Jacobson (1813), appuyé sur une étude approfondie de ces organes, déclara qu'il fallait y voir les organes d'un sens spécial. Cette opinion ne tarda pas à être corroborée par les recherches de Treviranus et de Knox. Plus tard Savi leur attribua la fonction (chez la Torpille électrique) de servir à la sensation de l'électricité. Malgré ces données positives de savants exacts, le système des ampoules de Lorenzini continua

d'être décrit dans tous les ouvrages d'anatomie comparée comme un appareil sécréteur. Mais en 1851, M. Leydig, par des recherches très-approfondies, mit au-dessus de toute espèce de doute la nature nerveuse de ces organes. M. Ecker a bien contesté une partie des détails d'organisation décrits par cet auteur. Mais ces détails viennent de recevoir une confirmation éclatante par les recherches récentes de M. Boll. Chaque ampoule est en quelque sorte une invagination de la peau du corps, terminée en cœcum. L'épithélium ne présente rien de particulier sur les parois du tube cylindrique, mais au fond de la partie aveugle, chaque cellule est surmontée d'un poil rude et fort. Cette région de l'ampoule est dilatée et se trouve divisée par des cloisons en compartiments qui font ressembler sa section à celle d'une orange. Toute la cavité de l'ampoule proprement dite et de son tube est remplie par une gelée homogène. Chez tous les Plagiostomes, les ampoules reçoivent leurs filets nerveux du rameau buccal du trijumeau. Ces filets sont formés par des fibres nerveuses à double contour qui pénètrent dans l'ampoule et s'y ramifient. M. Leydig pensait qu'elles se terminent là, dans des cellules ganglionnaires; mais il paraît être revenu de cette opinion. M. Boll prétend avoir vu le cylindre d'axe se diviser en plusieurs fibrilles dont chacune aboutirait à l'une des cellules de l'épithélium nerveux (armé de poils).

Un second appareil, placé par M. Leydig dans la catégorie des organes du sixième sens, c'est celui du système de canaux de la ligne latérale chez les poissons Téléostéens et les Sélaciens. Jusqu'à une époque récente, on considérait ces organes comme de nature glandulaire, et il n'est pas étonnant qu'on ait eu de la peine à se défaire d'une opinion qui a été soutenue par des Blainville, des Cuvier et des Johannes Müller. Cependant, dès 1850, M. Leydig démontrait d'une manière irréfragable qu'il s'agit d'appareils nerveux. Il montra dans les prétendus canaux muqueux, des épanouissements nerveux remarquables, terminés par des cellules cylindriques

disposées comme les bâtonnets de la rétine. Puis, M. Franz Eilhard Schulze décrivit sur la peau de tout jeunes poissons, de petites élévations soit collicules, dans lesquels il reconnut des terminaisons nerveuses du nerf latéral, comparables à celles des canaux de la ligne latérale. Ces collicules portent à leur sommet des poils roides, remarquables par l'intensité de leur pouvoir réfringent. Ces poils sont protégés par un tube gélatineux extrêmement délicat qui fait saillie dans le milieu ambiant. L'existence de ces tubes a été, il est vrai, contestée par M. Leydig, mais elle est affirmée de nouveau de la manière la plus positive dans un travail nouveau et très-circonstancié de M. Schulze. Les divergences de ces deux auteurs tiennent peut-être, comme le pense M. Schulze, à ce que M. Leydig n'a pas employé de grossissement suffisant. Mais elle peut s'expliquer plus facilement encore, puisque M. Schulze a constaté lui-même l'absence des tubes dans certains cas. C'est ainsi qu'il les a cherchés vainement sur les collicules latéraux de la tête de jeunes Epinoches, chez lesquelles les poils nerveux sont pourtant très-saillants. En revanche, il les trouve toujours très-développés chez les jeunes Rotengles, les Acérina, les Gobius. Chez ces derniers, il ne se forme du reste jamais de canaux à la ligne latérale, même chez l'adulte, et les organes à tube gélatineux saillant sont les seuls existant chez eux toute la vie durant.

Déjà dans son premier travail sur ce sujet, M. F.-E. Schulze avait reconnu dans l'épiderme des larves de Tritons et d'autres Batraciens des collicules sensitifs saillants, très-semblables à ceux des jeunes poissons. Ici encore ces organes sont des appareils terminaux des branches du nerf latéral. M. Leydig a retrouvé ces organes et il pense qu'ils persistent, il est vrai avec une forme modifiée, après la métamorphose qui fait des Batraciens aquatiques des animaux plus ou moins terrestres. Les grosses glandes qu'il a étudiées d'une manière toute spéciale à la tête, le long de la ligne latérale et, sur la prolongation de cette ligne, à la queue, chez les Batraciens

Urodèles : tous ces organes ne sont pour lui que des collicules nerveux transformés. Cette opinion est, comme on le voit, en relation intime avec l'idée que le savant histologiste se fait de la forme *glandulaire* des organes du sixième sens. Cette conception le conduit aussi à placer dans cette catégorie d'organes les petits appareils qu'il a découverts en 1850 sur les lèvres et sur toute la muqueuse de la bouche et du pharynx chez les Cyprins et, plus tard, chez les Esturgeons, organes qu'il a nommés dans le principe organes cupuliformes (*becherförmige Organe*). Toutefois, M. Schulze conteste à ces appareils toute ressemblance avec une glande, déclarant que la prétendue cavité interne est remplie de cellules particulières. Il les considère comme des organes du goût, et leur ressemblance frappante avec les bulbes gustatifs découverts par MM. Lovèn et Schwalbe chez les mammifères, rend cette opinion très-vraisemblable[1].

M. F.-E. Schulze conteste d'ailleurs à une grande partie des organes du sixième sens la ressemblance avec les glandes. Les ampoules de Lorenzini et surtout le système des appareils nerveux latéraux des poissons et des Batraciens lui paraissent des organes sensibles, destinés à percevoir les mouvements de l'eau le long du corps de l'animal. Il est impossible en effet de méconnaître la ressemblance de ces organes latéraux avec les terminaisons nerveuses de l'appareil de l'ouïe. La différence essentielle consiste en ce que les poils nerveux des organes latéraux ne sont pas baignés dans un liquide interne comme l'endolymphe, mais qu'ils plongent dans l'eau ambiante. De même que les poils auditifs sont ébranlés par les vibrations de l'endolymphe suscitées par les ondes sonores, et conduisent ces ébranlements jusqu'au cerveau pour y produire la sensation auditive, de même aussi les poils sensitifs des organes latéraux doivent être ébranlés par les ondulations de l'eau ambiante et conduire ces ébran-

[1] Voyez sur ce sujet *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXV, p. 240.

lements jusqu'aux centres nerveux. A chaque mouvement, à chaque changement de position du poisson, l'eau, glissant le long du corps, presse les poils nerveux saillants et les fléchit. L'existence du tube protecteur hyalin si délicat et celle des canaux latéraux, ne change rien à l'affaire : les premiers sont si minces et si ténus qu'ils transmettent sans difficulté la pression de l'eau ; les seconds, au moins dans la plupart des cas, laissent passer librement l'eau : celle-ci, pénétrant par l'une des ouvertures et ressortant par l'autre, doit nécessairement exercer une pression sur les poils nerveux faisant saillie dans le canal. Cette hypothèse de M. Schulze sur la nature du sixième sens nous paraît extrêmement plausible.

Il est encore quelques autres organes que M. Leydig attribue au sixième sens et dans lesquels il démontre tout au moins l'existence d'appareils nerveux terminaux. C'est le cas par exemple pour les fosses céphaliques des Crotales, des Trigonocéphales et d'autres serpents venimeux; c'est le cas aussi pour certaines fossettes mal connues de divers Sauriens, et peut-être pour les prétendues fosses lacrymales des Cœcilies [1].

Les recherches de M. Leydig sur les organes du sixième sens ont conduit ce savant à faire une étude histologique très-approfondie de la peau des reptiles et des amphibies. Nous ne pouvons songer à analyser ici toutes ces recherches et nous nous contenterons de toucher un point d'un intérêt tout spécial : celui de la pneumaticité de la peau chez les reptiles.

En 1861, M. Blanchard publia sur le système cutané des reptiles un mémoire dans lequel il cherchait à démontrer que la peau joue chez ces animaux, comme chez les amphibies, bien qu'à l'aide d'un mécanisme différent, un rôle important dans la respiration. L'existence de canaux et d'autres cavités pleines d'air dans l'intérieur des écailles, rendrait à

[1] Voyez sur ce sujet *Archives des Sciences phys. et natur.*, 1869, tome XXXV, p. 243.

ses yeux la peau susceptible de remplir cette fonction. M. Leydig, en reprenant cette étude, a dû se convaincre, il est vrai, que la peau des reptiles peut devenir pneumatique. Toutefois, à l'encontre du savant français, il déclare que l'air n'est jamais renfermé dans les écailles, mais bien dans l'épiderme.

Dès l'année 1857, M. Leydig montrait qu'il est urgent de distinguer chez les Sauriens et les Ophidiens deux formes d'écailles, selon que le corium s'ossifie véritablement, comme c'est le cas chez l'Orvet, ou qu'il reste mou. On peut donc distinguer chez l'Orvet une écaille cornée (épidermique) recouvrant l'écaille osseuse ou écaille proprement dite (dermique). L'écaille cornée seule renferme des parties pneumatiques. On trouve ces espaces remplis d'air tout le long du bord de l'écaille, dans la duplicature de la cuticule. M. Blanchard qui admet l'existence d'espaces aérifères dans les écailles proprement dites de l'Orvet, reconnait, il est vrai, qu'ils sont extrêmement simplifiés. Cette simplification lui semble en harmonie avec le genre de vie de ces reptiles : les Orvets vivent dans des lieux humides, et le savant français pense que cette condition rend l'accumulation d'air dans les écailles inutile pour la respiration. Quant aux espaces aérifères que M. Blanchard décrit dans l'écaille osseuse, ce sont des sillons et des canaux de ces plaques dures, sillons et canaux qui ne renferment en réalité point d'air du tout, mais qui sont remplis de tissu connectif logeant dans son intérieur du pigment et des nerfs.

M. Blanchard ayant fait porter ses observations surtout sur le Scinque ocellé, M. Leydig a dû reprendre aussi l'étude de cette espèce. Chaque écaille se montre à l'aide d'un instrument grossissant, comme une mosaïque de disques osseux qui ne se touchent pas par leur bord. Dans la substance de ces disques, des corpuscules osseux sont disposés en lignes parallèles au bord. Ces pièces sont réunies entre elles par du tissu connectif qui les recouvre d'ailleurs en outre, soit en dessus, soit en dessous. Les espaces qui subsistent entre

les différents disques de la mosaïque et qui sont remplis par ce tissu connectif transparent, paraissent être les prétendus tubes aérifères de M. Blanchard. La pneumaticité de l'écaille proprement dite n'existe donc pas plus, aux yeux de M. Leydig, chez les Scinques que chez les Orvets et les Lézards. Il ne conteste d'ailleurs pas que l'épiderme de l'écaille ne puisse renfermer de l'air dans sa couche la plus externe. Mais cet air joue sans doute ici le même rôle que celui qu'on trouve enfermé dans les poils des mammifères et les plumes des oiseaux : il oppose un obstacle à la pénétration de l'humidité.

M. Leydig remarque avec raison que la disposition des vaisseaux sanguins dans la peau des reptiles suffirait déjà à montrer que cette peau ne peut fonctionner comme organe respiratoire. Dès qu'un organe revêt des fonctions respiratoires, son système vasculaire prend un développement tout à fait exceptionnel. Tel est, par exemple, le cas, d'après les recherches de M. Leydig lui-même, pour le canal digestif de la Loche (*Cobitis fossilis*). Au contraire, les capillaires sanguins qui pénètrent jusqu'au processus écailleux du derme chez les reptiles, sont relativement peu abondants et ne forment qu'un réseau à très-larges mailles. E. C.

Prof. Claus. Beobachtungen, etc. Observations sur l'organisation et la reproduction de la Leptodera appendiculata. (*Schriften d. Ges. z. Beförd. d. gesammt. Naturw. zu Marburg*. 1869.)

M. Schneider a fait connaître une larve de Nématode parasite de l'Arion noir[1], remarquable à plusieurs égards et baptisée par lui du nom d'*Alloionema appendiculata*, mais qu'il a placée plus tard dans le genre *Leptodera*. Cette larve, malgré l'existence d'un canal digestif normal, est dépourvue soit de bouche, soit d'anus, et elle porte à son extrémité caudale deux rubans chitineux d'une longueur qui équivaut presque

[1] Voyez *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1860, tome VII, p. 363.

à la moitié de celle du corps. Placées dans des substances organiques fraîches ou en décomposition, ces larves atteignent bientôt la maturité sexuelle. Dans la mue, qui a lieu à ce moment, les appendices rubaniformes tombent, des ouvertures se forment pour la bouche, l'anus et les organes générateurs et ces derniers prennent leur développement total. Les petits engendrés par ces Nématodes n'ont nullement besoin de passer par un état de parasitisme dans un mollusque, ni de revêtir la forme d'Alloionema. Ils arrivent à maturité sur place et présentent alors une forme très-différente, de taille beaucoup plus petite. M. Schneider considère la grande forme, résultant de la métamorphose des larves parasites, et la petite, développée et arrivée à maturité en liberté, comme de simples variétés d'une même espèce. Ces deux variétés sont, il est vrai bien différentes, l'une présentant en particulier les rubans de la queue dans le jeune âge, l'autre en étant dépourvue.

M. Claus a repris l'étude de ces singuliers vers et tout en confirmant les résultats obtenus par M. Schneider, il arrive pourtant à des conclusions un peu différentes et attribue à la *L. appendiculata* une véritable hétérogénie comparable à celle de l'Ascaris nigrovenosa.

Place-t-on l'Arion dans de l'eau, les larves de Nématode ne tardent pas à le quitter, en se frayant un passage à travers le tissu du pied, et cela toujours dans la partie de cet organe placée sous le pharynx. Leur longueur varie d'un millimètre $^1/_3$ jusqu'à deux millimètres. Les grands individus sont tous des femelles, les petits en majeure partie des mâles. Dans leur couche sous-cuticulaire, on remarque une accumulation de granules très-réfringents qui constituent un dépôt de matière graisseuse et albumineuse, destiné à être utilisé pendant le développement des organes générateurs et de leurs produits. Ces dépôts sont donc jusqu'à un certain point physiologiquement comparables au corps graisseux des insectes. Les rudiments des organes reproducteurs remplissent une partie considérable de la cavité du corps et n'ont besoin que

de transformations légères, susceptibles d'avoir lieu en un petit nombre d'heures, pour atteindre l'état de complète maturité.

Il suffit de placer les larves dans des liquides contenant des substances azotées, comme de la salive, du mucus, de l'albumine, etc., pour qu'ils atteignent la maturité sexuelle dans un espace de temps très-court, mais variant pourtant avec la température et la saison. L'assimilation d'une nourriture azotée n'est d'ailleurs point absolument nécessaire au développement sexuel. Ce développement s'opère aussi dans de l'eau distillée, en l'absence de toute nourriture, ce qui montre que les matériaux accumulés dans le corps suffisent pour la métamorphose. Les larves périssent dans les substances en putréfaction placées dans l'eau, et, d'autre part, elles meurent également dans les substances en putréfaction hors de l'eau, lorsqu'elles ne sont pas suffisamment humides. L'humidité paraît donc être la condition la plus essentielle au développement sexuel et à la reproduction des larves émigrées.

Sans entrer dans la description détaillée des individus mûrs, nous dirons quelques mots de la constitution du boyau sexuel chez les femelles. La partie inférieure du boyau ovarique est remplie par les œufs groupés autour d'un rhachis, à la surface duquel ils germent. Ce rhachis se prolonge dans la substance centrale de la partie aveugle du tube dont toute la périphérie est occupée par des globes de protoplasma renfermant chacun un très-gros nucléus. Ces globes paraissent unis au rhachis de la même manière que les œufs le sont plus bas. A mesure que la production des œufs augmente et que ceux-ci s'accumulent dans l'utérus, la substance des globes protoplasmiques se contracte et se flétrit, ce qui prouve que cette substance est utilisée pour la formation des œufs. Mais comme les œufs se forment aux dépens du plasma du rhachis et que celui-ci est en continuité avec les globes de la partie supérieure du boyau génital, il semble logique d'en conclure que ces globes sont les foyers producteurs de

la substance du rhachis. La région supérieure du boyau joue donc en réalité le rôle d'un vitellogène, comparable à la partie des tubes ovariques qui produit le vitellus chez les insectes. Chez les individus mâles, on observe une disposition toute semblable dans la production des cellules séminales.

L'accouplement a lieu, dans la règle, six ou huit heures après l'émigration; mais, lorsque les circonstances l'exigent, il peut être différé même pendant plusieurs jours. L'évolution des œufs est si rapide qu'on trouve le plus souvent, déjà au bout de vingt-quatre heures, les embryons se mouvant dans le corps de la mère ou dans le milieu ambiant. Beaucoup d'entre eux sortent par la vulve, mais d'autres se fraient un passage à travers les tissus du tube sexuel. L'observateur assiste alors à la reproduction des phénomènes si bien décrits par M. Leuckart [1] pour la génération de *Rhabditis* de l'*Ascaris nigrovenosa*. Le corps de la mère n'est bientôt plus qu'une enveloppe de chitine inerte, agitée par les mouvements des petits enfermés dans l'intérieur. Enfin, cette enveloppe même est rompue et les embryons gagnent l'extérieur. Au sein d'une nourriture azotée abondante, ils croissent très-rapidement, mais ils restent toujours beaucoup plus petits que les larves parasites de naguères. Ils n'ont d'ailleurs pas de caractère larvaire, car ils sont pourvus de bouche et d'anus, et ne présentent ni corps graisseux, ni appendices caudaux. Il y a, en outre, des différences d'organisation assez marquées entre ces deux générations. Dans la forme libre, le renflement postérieur de l'œsophage est armé de trois fortes dents, comme chez les Rhabditis. Cette armure est totalement étrangère à la forme parasite. Dans la première génération, l'anneau nerveux est placé autour du renflement œsophagien postérieur; dans la seconde on le trouve entre les deux renflements de l'œsophage, etc. Cette seconde génération, qu'on peut appeler génération de Rhabditis, se reproduit sous cette forme pendant une série de gé-

[1] Voyez *Archives des Sc. phys. et natur.*, 1865, tome XXV, p. 90.

nérations indéfinie, aussi longtemps que les matériaux nutritifs ne font pas défaut. Sa reproduction a donc lieu exactement comme pour les espèces non parasites des genres Pelodera et Leptodera, étudiés par M. Schneider. Mais, lorsque les provisions sont épuisées, les embryons croissent jusqu'à une longueur de $0^{mm},4$ sans changer de peau (la longueur des adultes est de 1, 2). Leur peau s'épaissit et se transforme en une espèce de kyste, tandis que la bouche et l'anus se ferment, et que le corps du Nématode se détache dans l'intérieur. Expose-t-on l'un de ces kystes à l'humidité, le corps, en apparence privé de vie du Nématode, se dilate et ne tarde pas à montrer de nouveau des mouvements ondulatoires. Mais, à partir de ce moment, le ver paraît avoir perdu la faculté d'arriver à maturité en liberté. M. Claus suppose que, dans ces circonstances, le Nématode doit pénétrer dans les Arion pour y devenir la forme larvaire munie d'appendices caudaux de la grande génération de Leptodères. Les embryons des deux formes de génération sont d'ailleurs si semblables que la possibilité pour chacune d'elles d'immigrer dans les Arion, n'a rien d'improbable. Dans quelques cas M. Claus a obtenu l'immigration des larves en masse. Il n'a pu déterminer le point même où la pénétration a lieu, mais il s'est assuré qu'on retrouve les embryons en grande quantité dans les vaisseaux sanguins de la cavité du corps.

Il est évident qu'il y a des traits de ressemblance marqués entre les phénomènes de reproduction de la *Leptodera appendiculata* et ceux de l'*Ascaris nigrovenosa*, tels que les ont fait connaître MM. Leuckart et Mecznikow. Toutefois, dans le cas de l'Ascaris, l'une des générations, comme l'a montré M. Schneider, est formée par des *femelles hermaphrodites*. Ce terme peut paraître bizarre, mais ces vers sont, par toute leur organisation, des femelles si évidentes, que MM. Leuckart et Mecznikow les ont prises pour des femelles parthénogénésiques. Elles méritent le nom d'*hermaphrodites*, parce qu'elles engendrent des cellules séminales dans le sommet de leur boyau reproducteur avant de produire des œufs. Au contraire

chez notre Leptodère, il existe deux générations à sexes séparés : l'une parasite, qui n'atteint, il est vrai, sa maturité, comme les Mermis et les Gordius, qu'après avoir quitté son hôte ; l'autre, à forme de Rhabditis, vivant dans des substances azotées. Les différences entre ces deux générations sont trop grandes pour permettre un croisement entre elles, et les expériences tentées par M. Claus à ce sujet, ont toutes eu un résultat négatif. Mais, tandis que chez l'*Ascaris nigrovenosa* l'alternance de la génération parasite avec la génération de Rhabditis semble nécessaire comme l'alternance des individus sexués et asexués dans la métagénèse, cette alternance paraît n'être que facultative chez les Leptodères. Les deux formes peuvent bien alterner régulièrement, mais les générations de Rhabditis peuvent aussi se succéder indéfiniment, et il en est probablement de même des générations parasites, autant qu'il est possible d'en juger d'après l'identité de forme des embryons. E. C.

MAGGI. INTORNO AL GENERE, etc. SUR LE GENRE ÆOLOSOMA. (*Memor. della Soc. italiana di Scienze naturali*, tome I, avec une pl.) — RAY LANKESTER. A CONTRIBUTION, etc. MÉMOIRE POUR SERVIR A LA CONNAISSANCE DES ANNÉLIDES INFÉRIEURES. (*Transact. of the Linnean Society*, vol. XXVI, p. 630, avec 2 pl.) — LE MÊME. THE SEXUAL FORM, etc. LA FORME SEXUÉE DU CHÆTOGASTER LIMNÆI. (*Quarterly Journal of microsc. Science*, 1869, avec 2 pl.) — FR. RATZEL. BEITRÆGE, etc. ÉTUDES SUR L'ANATOMIE DE L'ENCHYTRÆUS VERMICULARIS. (*Zeitschr. für wiss. Zoologie*, XVIII, p. 99, avec 2 pl.) — LE MÊME. BEITRÆGE, etc. CONTRIBUTIONS A LA CONNAISSANCE ANATOMIQUE ET SYSTÉMATIQUE DES OLIGOCHÈTES. (*Ibid.*, XVIII, p. 563, avec une pl.) — Léon VAILLANT. NOTE SUR L'ANATOMIE DE DEUX ESPÈCES DU GENRE PERICHÆTA. (*Ann. des Sciences natur.*, 5me série, tome X, cahier n° 4.) — FR. RATZEL et M. WARSCHAWSKY. ZUR ENTWICKLUNGSGESCHICHTE, etc. SUR LE DÉVELOPPEMENT DU LOMBRIC TERRESTRE.

(*Zeitschr. für wiss. Zool.*, Bd XVIII, p. 547, avec une pl.) — Fr. Ratzel. Vorlæufige Nachricht, etc. Note préalable sur le développement des lombrics et des sangsues (*Ibid.*, XIX, p. 282.) — Le même. Histologische Untersuchungen, etc. Recherches histologiques sur les animaux inférieurs. (*Ibid.*, XIX, p. 257, avec 2 pl.) — Claparède. Histologische Untersuchungen, etc. Recherches histologiques sur le ver de terre. (*Ibid.*, XIX, p. 563, avec 6 pl.)

Les Annélides oligochètes ont servi récemment de thème aux recherches d'un grand nombre d'observateurs. Ce sont d'abord les genres de petite taille généralement groupés sous le nom de Naïdines ou de Limicoles qui forment, pour ainsi dire, le groupe inférieur parmi ces vers. Des genres connus depuis longtemps, tels que les Enchytræus, les Lombricules, les Æolosoma, les Chætogaster, ont fait l'objet de monographies détaillées qui nous ont appris bien des choses nouvelles sur leur compte. D'autres, comme les Limnodriles et les Stylodriles, qui n'avaient pas été revus depuis leur découverte par M. Claparède, ont été retrouvés par M. Ratzel et soumis à de nouvelles recherches.

Les Chætogaster ont été surtout étudiés à nouveau par M. Ray Lankester. Il en a observé avec soin la reproduction agame déjà examinée en détail par M. Claus. Dans le principe, le savant anglais ne réussit point à trouver la forme sexuée du ver, ce qui a conduit M. Huxley à considérer le genre Chætogaster en entier comme comprenant des formes larvaires; et pourtant les individus sexués avaient été déjà décrits par MM. d'Udekem et Leuckart. Plus tard toutefois il reconnut cette erreur, et fit des individus sexués une étude bien plus complète que celle de ses prédécesseurs. Aussi longtemps que la reproduction fissipare ou agame a lieu avec rapidité, on peut dire que chaque individu consiste en une tête et quatre segments, dont le quatrième produit continuellement de nouveaux bourgeons, soit en avant, soit en arrière.

Ce quatrième segment se sépare donc du parent par la production d'une nouvelle tête. Toutefois, lorsqu'un individu se prépare à prendre les caractères sexuels, la rapidité de la reproduction fissipare est enrayée. Les nouveaux segments, à mesure qu'ils croissent, au lieu d'être séparés de l'individu parent par le développement de têtes intermédiaires, restent attachés à lui comme en faisant partie intégrante, de telle sorte que le ver, remarquable dans le principe par le faible nombre de ses segments, finit par devenir un animal allongé, formé d'une tête et de seize segments ou même davantage (M. Leuckart en indiquait vingt-trois, mais ce nombre est sans doute peu fixe). Ces individus sexués paraissent n'exister que pendant une petite partie de l'année, à savoir vers le mois d'octobre. M. Ray Lankester en étudie avec soin les testicules, les ovaires, les soies génitales, mais il n'a pas réussi à trouver le canal déférent ni les oviductes.

M. Ray Lankester a retrouvé chez les Chaetogaster, en outre de la chaîne ganglionnaire proprement dite, le système nerveux sus-pharyngien, découvert par M. Leydig. Les différences, entre les figures de ces deux auteurs, proviennent sans doute de ce qu'ils n'ont pas observé des espèces identiques. L'existence d'un système nerveux pharyngien paraît d'ailleurs se généraliser chez les Oligochètes. Sans parler de celui des Lombrics, indiqué depuis longtemps par divers auteurs, et étudié, au point de vue histologique, dans le nouveau mémoire de M. Claparède, il faut surtout mentionner les recherches de M. Ratzel sur ce sujet. Ce savant a trouvé chez les Enchytræus trois paires de ganglions reposant sur le pharynx, dans le quatrième, le sixième et le septième segment. Mais, pas plus que chez les autres Annélides, ce système nerveux ne peut être poursuivi plus loin en arrière. C'est la raison qui conduit M. Leydig à rejeter toute comparaison de cet appareil nerveux avec le système sympathique. Sans doute cet organe nerveux se retrouvera chez d'autres genres encore, sans toutefois présenter toujours un développement aussi considérable que chez les Enchytræus.

M. Ratzel montre d'ailleurs que le système nerveux est organisé sur des types divers qui peuvent être utilisés pour la classification. C'est ainsi que les nombreuses espèces d'Enchytraeus appartiennent à l'un de ces types ; les genres Tubifex et Limnodrilus, d'ailleurs si voisins l'un de l'autre, à un second ; les genres Lumbriculus et Stylodrilus dont M. Claparède avait déjà relevé l'étroite parenté, malgré des dissemblances extérieures, à un troisième.

Nous devons à M. Maggi une monographie du genre Æolosoma. Ces élégants animaux ont aussi fait l'objet de recherches de la part de M. Ray Lankester; mais, bien que cet observateur figure un petit animal qu'il suppose, sans doute avec raison, un Æolosoma à peine éclos, il ne paraît pas avoir eu la chance de rencontrer des individus adultes munis d'organes générateurs. Plus heureux que lui, M. Maggi a retrouvé les individus sexués, déjà décrits par d'Udekem. Il complète la description du savant belge par la découverte de deux réceptacles de la semence contenant des spermatophores. L'auteur a réussi en outre à observer la chaîne ganglionnaire dans sa totalité. Il décrit aussi quelques espèces nouvelles, mais ces distinctions spécifiques nous paraissent très-sujettes à caution, car elles reposent principalement sur le nombre des soies dans chaque faisceau, caractère très-variable chez la plupart des Annélides. Même chez le *Chætogaster Limnæi*, où le nombre des soies du faisceau antérieur semblait invariablement de douze dans la plus grande partie de l'année : ce nombre est, d'après M. Lankester, sujet à varier dans certains moments. C'est ainsi qu'à l'époque du développement des organes générateurs, ce nombre est porté de 12 à 20 ou 30 dans chaque faisceau du segment buccal, et de 8 à 16 dans chaque faisceau abdominal. La preuve que ces nombres n'ont pas d'importance, c'est que M. Lankester a observé, çà et là, au moment du développement des organes générateurs, des individus munis d'un nombre de soies inférieur au nombre normal chez les individus asexués. L'observateur anglais remarque, avec rai-

son, que les variations numériques dans les soies, ont lieu chez les Enchytræus, les Lombricules, les Clitellio, etc., et l'on pourrait ajouter chez toutes les Annélides Polychètes.

Nous devons à M. Ratzel des observations très-singulières sur le dimorphisme des ovaires chez les Tubifex. La forme ordinaire des ovaires chez le Tubifex des ruisseaux a été fort bien décrite par les auteurs. Ces organes sont au nombre de deux, piriformes, enveloppés chacun d'une membrane, et fixés au dissépiment dans le onzième segment. Mais, selon M. Ratzel, chez certains individus (à savoir dans la proportion de 1 à 12) on trouve des ovaires flottants, suspendus dans le liquide périviscéral comme chez les Enchytræus. Ces groupes d'œufs paraissent d'ailleurs, dans le principe, se développer à la surface du dissépiment, comme des ovaires normaux, mais ils s'en détachent de très-bonne heure pour continuer leur développement à l'état de liberté. M. Ratzel montre, en outre, que chez les Enchytræus les ovaires flottants décrits par les auteurs, germent aussi dans le principe sur la paroi du douzième segment, pour s'en détacher tantôt plus tôt, tantôt plus tard, suivant les espèces. Il semblerait donc qu'occasionnellement les Tubifex prennent des ovaires de la forme de ceux des Enchytræus. Peut-être faut-il voir dans ces faits singuliers de dimorphisme un cas d'atavisme, de retour vers une forme primitive d'où seraient dérivés ces deux germes, il est vrai, aujourd'hui assez profondément différents l'un de l'autre.

M. Ratzel a fait aussi, sur le développement des réceptacles de semence chez les Enchytræus, des observations fort dignes d'intérêt. Il montre que ces organes prennent, dans le cours de leur évolution, trois formes successives, dont la première est celle d'un simple boyau. M. Ratzel montre combien cette forme primitive est favorable à la théorie de M. Claparède, d'après laquelle ces réceptacles ne seraient que des organes segmentaires transformés. Cette théorie est aussi confirmée par l'existence de cils vibratiles dans des appendices aveugles du réceptacle de la semence, découverts

par M. Ratzel dans le deuxième stade d'évolution de l'organe.

Les Oligochètes supérieurs, c'est-à-dire la famille des Lombricins, n'ont pas été non plus dédaignés. Le genre exotique des *Perichæta* établi dans ces dernières années par M. Schmarda, mais, jusqu'ici, très-imparfaitement connu, a fait l'objet d'un travail anatomique de la part de M. Vaillant. Cette étude montre d'une manière évidente des affinités réelles avec les véritables Lombrics. Ces affinités résident, selon M. Vaillant, surtout dans l'apparence extérieure, la forme des soies, l'appareil nerveux, l'appareil digestif, l'appareil circulatoire, la situation des perforations dorsales. Il est vrai que l'auteur ne dit rien de l'existence d'une typhlosole, ce qui est pourtant le caractère le plus remarquable du tube digestif des Lombrics. Quant aux perforations dorsales, elles paraissent exister chez des Oligochètes appartenant à des groupes bien différents. M. Claparède les a décrites chez les Enchytræus, et M. Ratzel chez d'autres. Un caractère tout à fait exceptionnel c'est l'existence de deux cœcum dont l'ouverture de communication avec la cavité intestinale se trouve dans le vingt-troisième anneau. Les organes génitaux ont une ressemblance évidente avec ceux des Lombrics, tout en présentant des divergences dignes d'être notées : ainsi la position autre des réceptacles de la semence (au nombre de 4 paires) et la présence du clitellum en avant des ouvertures génitales mâles, contrairement à ce qui a lieu chez les Lombrics. Malheureusement l'auteur ne nous apprend rien, ni sur les ovaires, ni sur le oviductes.

L'embryogénie du ver de terre (Lumbricus terrestris) a été étudiée par MM. Ratzel et Warchawsky. Les premières recherches publiées par ces savants, sont accompagnées d'une planche représentant les premiers stades de développement de l'œuf. Il est difficile de ne pas croire que certaines de ces figures représentent un état de développement pathologique. M. Ratzel paraît d'ailleurs avoir modifié quelques-unes de ses idées, dans une note subséquente, qui n'est malheureusement pas accompagnée de figures, mais qui laisse

espérer, sur ce sujet, un travail étendu dans un avenir peu éloigné. D'après cet observateur, la vésicule germinative serait la partie de l'œuf qui subirait les premières modifications après la fécondation, soit chez les Tubifex, soit chez les Lombrics, soit chez les Néphélis. Cette vésicule est représentée comme se dilatant, même avant la fécondation, pour se diviser plus tard en un grand nombre de noyaux disséminés dans le vitellus. Il n'y aurait donc pas ici de segmentation proprement dite. MM. Ratzel et Warschawsky ont confirmé ce fait, d'ailleurs bien connu, que chaque cocon de ver de terre renferme un grand nombre d'œufs dont un seul arrive à développement [1].

Les travaux histologiques sur les Oligochetes, dus à M. Ratzel et à M. Claparede, ont fait faire des progrès considérables à cette branche d'étude. Malheureusement ces détails minutieux ne se prêtent guères à une analyse. Dans le mémoire du second de ces observateurs, les résultats les plus curieux et les plus inattendus concernent la structure intime des muscles, du clitellum, du bulbe œsophagien, des glandes productrices du carbonate de chaux à l'œsophage, de la typhlosole, etc. Quelques-uns de ces points ont aussi été abordés dans les travaux de M. Ratzel. E. C.

[1] J'ai moi-même étudié le développement des Lombrics, il y a bientôt une dizaine d'années, sans rien publier jusqu'ici sur ce sujet, parce qu'il y avait des lacunes que d'autres occupations m'ont empêché de combler depuis lors. Mais je crois m'être assuré à cette époque d'une manière positive d'un fait que je ne trouve mentionné nulle part dans le travail de MM. Ratzel et Warschawsky. Il est parfaitement vrai que la capsule sécrétée par le clitellum renferme toujours un très-grand nombre d'œufs, dont un seul se transforme en embryon. Mais cet embryon augmente rapidement de volume, parce que dès que sa bouche est formée, il dévore les œufs qui l'entourent et qui lui servent de magasin de nourriture. Tant que l'embryon est très-petit, l'introduction de particules nutritives dans la bouche a lieu à l'aide de cils vibratiles. Plus tard l'embryon devenu plus gros se sert de ses lèvres pour saisir directement la nourriture. Il s'agirait donc là d'un phénomène tout à fait semblable à ceux qui ont été décrits chez certains mollusques (Buccins, Pourpres, Néritines). Ed. Claparède.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES A L'OBSERVATOIRE DE GENÈVE

sous la direction de

M. le prof. E. PLANTAMOUR

PENDANT LE MOIS DE NOVEMBRE 1869.

Le 3, forte gelée blanche le matin.

9, id.

13, faible halo solaire de 1 $1/2$ à 2 h., couronne lunaire toute la soirée.

14, halo lunaire et couronne lunaire à plusieurs reprises dans la soirée.

15, couronne lunaire dans la soirée.

17, id.

18, brouillard une partie de la journée.

24, à 6 h. du matin halo lunaire et couronne lunaire.

25, gelée blanche le matin.

30, orage accompagné de fortes décharges électriques de midi et $3/4$ à $1\,1/4$ h.; la direction de l'orage était de ONO à ESE, et il a passé très-près du zénith de l'Observatoire, un peu au sud, à 1 h. 5 m. A ce moment ont eu lieu les plus fortes décharges dans l'une desquelles la foudre est tombée aux abords de la ville et elles étaient accompagnées d'une averse très-abondante mêlée de grêlons.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM.

	mm
Le 1 à 8 h. matin	736,16
5 à 8 h. soir	727,12
8 à 8 h. matin	730,03
13 à 10 h. matin	740,58
18 à 8 h. soir	738,53
26 à 6 h. soir	729,58
29 à 10 h. matin	731,31

MINIMUM.

	mm
Le 4 à 2 h. après-midi......	719,10
6 à 2 h. après-midi	722,27
10 à 6 h. soir	725,69
16 à 2 h. après-midi......	727,50
23 à 8 h. soir	712,88
28 à 5 h. soir............	722,22
30 à midi 38 m...........	713,31

GENEVE. — NOVEMBRE 1869.

Jours du mois.	Baromètre.		Température C.				Tension de la vap.		Fract. de saturation en millièmes.				Pluie ou neige		Vent dominant.	Clarté moy. du Ciel.	Temp. du Rhône		Limnimètre à 11 h.
	Hauteur moy. des 24 h.	Écart avec la hauteur normale	Moyenne des 24 heures	Écart avec la temp. normale.	Minim.	Maxim.	Moy. des 24 h.	Écart avec la tension normale.	Moy. des 24 h.	Écart avec la fraction norm.	Minim.	Maxim.	Eau tomb. d. les 24 h.	Nomb. d'h.			Midi.	Écart avec la temp. normale.	
	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.					mm.				°		cm.
1	735,00	+ 8,65	+ 0,04	—7,02	— 5,7	+ 7,7	3,57	—2,86	779	— 64	510	980	...	...	SSO. 1	0,12	9,7	— 2,2	95
2	734,54	+ 8,18	+ 3,60	—3,28	— 2,7	+11,0	4,82	—1,53	812	— 31	540	980	...	...	variable	0,03	10,0	— 1,8	94
3	728,66	+ 2,29	+ 3,81	—2,90	— 1,7	+ 7,8	5,68	—0,59	885	+ 42	750	910	1,0	2	variable	0,90	9,9	— 1,8	94
4	719,82	— 6,56	+ 9,31	+2,77	+ 4,5	+13,1	6,91	+0,72	789	— 55	580	1000	7,7	8	SSO. 2	0,98	10,2	— 1,3	93
5	724,90	— 1,49	+ 6,65	+0,28	+ 5,6	+10,5	4,51	—1,60	637	—207	440	750	...	...	SSO. 1	0,86	10,3	— 1,1	92
6	723,20	— 3,20	+10,10	+3,90	+ 5,8	+13,7	5,26	—0,78	579	—265	420	800	1,7	4	SSO. 2	0,90	9,8	— 1,5	91
7	727,17	+ 0,76	+ 6,10	+0,07	+ 1,4	+ 9,2	4,70	—1,27	693	—151	490	850	...	...	NNE. 1	0,32	—	—	91
8	729,12	+ 2,69	+ 3,53	—2,33	— 1,9	+12,1	4,69	—1,21	795	— 49	550	970	...	...	SSO. 1	0,06	7,9	— 3,1	91
9	727,95	+ 1,50	+ 6,18	+0,49	— 2,0	+15,3	4,19	—1,64	610	—235	390	960	...	...	SSO. 1	0,26	7,9	— 3,0	91
10	726,33	— 0,14	+ 7,55	+2,03	+ 5,1	+10,7	5,30	—0,46	689	—156	530	840	0,4	1	SSO. 1	0,84	7,9	— 2,8	91
11	729,99	+ 3,50	+ 1,97	—3,39	+ 0,6	+ 6,4	3,05	—2,64	596	—249	450	740	...	...	variable	0,67	7,9	— 2,7	91
12	736,12	+ 9,61	+ 1,31	—3,88	— 2,4	+ 5,0	3,32	—2,30	679	—166	480	930	...	...	NNE. 2	0,03	8,6	— 1,9	92
13	739,18	+12,65	+ 2,26	—2,77	— 5,1	+ 9,6	3,78	—1,77	704	—141	480	1000	...	...	SO. 1	0,51	8,8	— 1,6	92
14	736,02	+ 9,47	+ 7,51	+2,65	+ 3,2	+14,9	4,44	—1,04	569	—277	440	600	...	...	SSO. 1	0,54	—	—	92
15	733,25	+ 6,68	+ 7,67	+2,97	+ 2,0	+16,0	5,87	+0,46	747	— 99	510	940	...	...	variable	0,31	9,2	— 0,9	92
16	728,23	+ 1,63	+ 5,90	+1,36	— 0,5	+10,1	6,53	+1,18	904	+ 58	800	990	...	...	SSO. 1	0,83	8,9	— 1,0	92
17	731,71	+ 5,08	+ 6,83	+2,45	+ 4,4	+11,4	6,63	+1,34	894	+ 48	720	970	...	...	SSO. 1	0,62	9,0	— 0,8	92
18	737,23	+10,54	+ 8,00	+3,78	+ 5,3	+ 9,9	7,06	+1,83	874	+ 27	770	880	...	...	NNE. 1	1,00	9,0	— 0,7	93
19	736,71	+ 9,99	+ 6,69	+2,63	+ 3,2	+ 9,3	5,59	+0,42	785	— 62	600	900	...	...	variable	0,84	9,0	— 0,6	94
20	729,42	+ 2,67	+ 4,83	+0,92	+ 1,7	+ 6,9	5,19	+0,08	820	— 27	670	1000	7,2	9	SSO. 1	0,99	8,8	— 0,7	94
21	725,60	— 1,18	+ 1,65	—2,14	+ 0,7	+ 3,2	3,85	—1,20	762	— 86	620	930	...	...	NNE. 3	1,00	—	—	98
22	718,36	— 8,45	+ 0,27	—3,34	— 1,2	+ 1,8	3,88	—1,12	852	+ 4	730	890	...	...	variable	0,96	7,9	— 1,3	93
23	713,72	—13,12	+ 0,48	—2,98	— 2,1	+ 2,5	4,14	—0,81	869	+ 20	730	910	...	...	SO. 1	0,97	7,9	— 1,2	91
24	716,08	—10,79	+ 1,28	—2,03	— 1,1	+ 4,4	4,47	—0,43	885	+ 36	750	980	...	...	SO. 1	0,98	8,0	— 1,0	90
25	719,10	— 7,80	+ 2,11	—1,06	— 2,1	+ 8,4	4,36	—0,49	816	— 34	640	1000	...	...	SSO. 1	0,66	8,1	— 0,8	88
26	728,70	+ 1,77	+ 3,53	+0,51	+ 0,2	+ 8,9	4,14	—0,66	715	—135	460	870	...	...	SSO. 1	0,73	8,1	— 0,6	88
27	727,74	+ 0,78	+ 6,36	+3,48	+ 2,9	+10,9	6,80	+2,05	940	+ 89	720	1000	10,3	13	N. 1	1,00	8,1	— 0,5	88
28	724,14	— 2,86	+10,26	+7,52	+ 8,2	+12,6	7,75	+3,05	834	— 17	740	1000	16,4	18	SSO. 2	1,00	—	—	88
29	730,19	+ 3,16	+ 5,22	+2,63	+ 4,3	+12,2	4,08	—0,57	642	—210	450	750	...	...	variable	0,91	8,1	— 0,3	88
30	716,13	—10,94	+ 8,10	+5,65	+ 4,1	+12,6	6,93	+2,32	853	0	690	1000	17,0	10	SSO. 2	0,98	8,2	— 0,1	88

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1869

Baromètre.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	728,03	728,49	728,38	727,68	727,18	727,18	727,48	727,73	727.74
2e »	733,92	734,39	734,45	733,85	733,42	733,43	733.76	734,13	734,14
3e »	722,47	722,56	722,67	722,07	721,69	721,51	721,60	721,57	721,42
Mois	728,14	728,48	728,50	727,87	727,43	727,37	727,61	727,81	727,77

Température.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	0		0	0	0	0	0	0	0
1re décade	+ 2,46	+ 3,02	+ 6,37	+ 9,12	+ 9,73	+ 9,13	+ 7,07	+ 5,84	+ 4,90
2e »	+ 2,93	+ 3 31	+ 5,91	+ 8.11	+ 9,10	+ 8,12	+ 6,01	+ 5,00	+ 4,75
3e »	+ 2,79	+ 3,11	+ 4,58	+ 6,03	+ 5,74	+ 4,78	+ 4,43	+ 4,33	+ 3,97
Mois	+ 2,73	+ 3,15	+ 5,62	+ 7.75	+ 8,19	+ 7,34	+ 5,84	+ 5,06	+ 4,54

Tension de la vapeur.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1er décade	4,58	4,80	4,87	4,99	5,31	5,06	5,20	5,24	4,88
2e »	4,71	4,68	5,09	5,31	5,40	5,47	5,38	5,25	5.29
3e »	4,83	4,84	5,00	5,22	4,98	5,22	5,24	5,13	5,16
Mois	4,71	4,78	4,99	5 18	5,23	5.25	5,27	5,21	5,11

Fraction de saturation en millièmes.

	6 h. m.	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
1re décade	830	836	683	577	598	583	693	762	766
2e »	823	799	714	640	613	657	750	787	818
3e »	865	832	765	732	714	787	807	804	829
Mois	839	822	721	650	642	676	750	784	804

	Therm. min.	Therm. max.	Clarté moy. du Ciel.	Température du Rhône.	Eau de pluie ou de neige.	Limnimètre.
	0	0		0	mm	cm
1re décade	+ 0,84	+11,11	0,53	9,29	10,8	92,3
2e »	+ 1,24	+ 9,95	0,63	8,80	7,2	92,4
3e »	+ 1,39	+ 7,75	0,92	8,05	43,7	90,0
Mois	+ 1,16	+ 9,60	0,69	8,74	61,7	91,6

Dans ce mois, l'air a été calme 3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 0,48 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est S. 24°,5 O., et son intensité est égale à 37,0 sur 100.

TABLEAU

DES

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

FAITES AU SAINT-BERNARD

pendant

LE MOIS DE NOVEMBRE 1869.

Le 3. brouillard depuis 4 h. de l'après-midi à 8 h. du soir.
4, 5, id. tout le jour. La neige tombée dans la journée du 4 a été emportée par le vent.
10, id. depuis 4 h. du soir.
11,17, id. toute la journée.
20. id. depuis 8 h. du soir.
21, id. id. Une grande partie de la neige tombée dans la nuit du 20 au 21 et dans la journée du 21 a été emportée par le vent.
22,23,24, id. tout le jour.
26, id. à 6 h. du matin et de 2 h. à 4 h. de l'après-midi.
26, id. à 6 h. du matin.
27,28,29,30 id. une grande partie de la journée.

Valeurs extrêmes de la pression atmosphérique.

MAXIMUM	mm	MINIMUM.	mm
Le 2 à 10 h. matin	570,27	Le 5 à 6 h. matin	553,45
8 à 10 h. soir	565,88	11 à 6 h. matin	557,39
13 à 4 h. après-midi	571,79	16 à 2 h. après-midi	566,62
18 à 10 h. soir	573,31	22 à 8 h. soir	551,46
27 à midi	563,84	29 à 6 h. matin	558,84
29 à 4 h. après-midi	562,09	30 à 10 h. soir	551,63

SAINT-BERNARD. — NOVEMBRE 1869.

Jours du mois.	Baromètre. Hauteur moy. des 24 heures.	Baromètre. Écart avec la hauteur normale.	Baromètre. Minimum.	Baromètre. Maximum.	Température C. Moyenne des 24 heures.	Température C. Écart avec la température normale.	Température C. Minimum*	Température C. Maximum*	Pluie ou neige. Hauteur de la neige.	Pluie ou neige. Eau tombée dans les 24 h.	Pluie ou neige. Nombre d'heures.	Vent dominant.	Clarté moyenne du Ciel.
	millim.	millim.	millim.	millim.	°	°	°	°	millim.	millim.			
1	567,08	+ 3,78	566,63	567,59	— 4,56	— 1,40	— 6,2	— 2,8	.....	.....	....	NE. 1	0,06
2	568,99	+ 5,76	568,22	570,27	— 0,76	+ 2,54	— 4,9	+ 1,5	.....	.....	....	NE. 1	0,01
3	562,91	— 0,25	561,18	565,48	— 2,20	+ 1,24	— 4,8	+ 1,4	10,4	2,2	4	NE. 1	0,74
4	556,38	— 6,72	554,26	558,44	— 2,96	+ 0,62	— 4,5	— 1,3	55	3,4	6	NE. 2	1,00
5	557,41	— 5,63	553,45	561,03	— 8,83	— 5,11	— 9,4	— 7,8	.....	.....	....	NE. 3	0,97
6	560,50	— 2,48	560,00	561,07	— 3,03	+ 0,83	— 6,2	— 0,4	50	7,0	6	NE. 1	0,92
7	561,77	— 1,15	560,88	562,94	— 5,56	— 1,57	— 8,5	— 3,2	85	9,3	8	NE. 1	0,64
8	564,84	+ 1,98	563,36	565,88	— 1,40	+ 2,72	— 4,2	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 1	0,04
9	565,00	+ 2,20	564,35	565,83	— 0,72	+ 3,53	— 3,2	+ 2,0	.....	.....	....	NE. 1	0,03
10	561,60	— 1,15	560,39	563,07	— 3,39	+ 0,99	— 5,0	0,0	.....	.....	....	NE. 1	0,78
11	559,48	— 3,22	557,39	562,53	—13,59	— 9,08	—14,7	—11,6	.....	.....	....	NE. 2	1,00
12	565,73	+ 3,08	563,18	568,04	—12,58	— 7,93	—14,9	—10,2	.....	.....	....	NE. 1	0,00
13	571,04	+ 8,44	569,36	571,79	— 1,96	+ 2,82	— 4,5	+ 0,2	.....	.....	....	NE. 1	0,44
14	569,88	+ 7,33	569,25	570,82	— 0,90	+ 4,00	— 2,9	+ 1,0	.....	.....	....	NE. 2	0,26
15	568,71	+ 6,21	568,54	569,12	+ 1,46	+ 6,48	+ 0,1	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,34
16	566,78	+ 4,32	566,62	567,35	+ 3,24	+ 8,38	+ 1,0	+ 5,2	.....	.....	....	NE. 1	0,86
17	568,32	+ 5,90	566,85	570,11	+ 0,14	+ 5,40	— 1,8	+ 4,4	.....	....	....	calme	0,94
18	572,05	+ 9,67	570,69	573,31	— 1,88	+ 3,50	— 3,8	— 0,4	.....	....	....	calme	0,00
19	571,42	+ 8,78	569,81	572,28	+ 0,31	+ 5,80	— 1,0	+ 3,2	.....	.....	....	NE. 1	0,01
20	562,92	+ 0,62	560,29	566,41	— 4,27	+ 1,33	— 7,6	— 0,7	.....	.....	....	NE. 1	0,29
21	557,06	— 5,20	556,84	557,64	—10,94	— 5,23	—12,2	— 7,1	35	3,9	16	NE. 2	1,00
22	552,27	— 9,96	551,46	554,62	— 7,62	— 1,80	— 9,2	— 6,0	30	3,0	8	SO. 2	0,98
23	553,05	— 9,14	552,05	553,58	— 9,37	— 3,44	—10,4	— 8,4	35	3,3	8	SO. 2	1,00
24	554,76	— 7,39	553,56	555,25	— 6,46	— 0,43	— 7,4	— 5,4	.....	.....	....	SO. 2	1,00
25	555,17	— 6,95	554,20	557,27	— 5,39	+ 0,74	— 6,3	— 4,2	.....	.....	....	NE. 1	0,64
26	561,64	— 0,45	558,86	563,53	— 6,95	— 0,72	— 8,2	— 4,3	.....	.....	....	NE. 1	0,21
27	563,43	+ 1,37	563,09	563,84	— 2,96	+ 3,37	— 4,0	— 1,8	265	30,0	12	NE. 1	0,98
28	562,02	— 0,01	560,73	563,43	— 0,20	+ 6,23	— 2,3	+ 4,2	155	23,9	17	NE. 1	0,98
29	560,72	— 1,28	558,84	562,09	— 9,59	— 3,06	—11,2	— 6,0	.....	.....	....	NE. 3	0,94
30	554,48	— 7,49	551,63	558,02	— 3,08	+ 3,55	— 5,9	0,0	217	35,8	18	NE. 1	0,96

* Les chiffres renfermés dans ces colonnes donnent la plus basse et la plus élevée des températures observées depuis 6 heures du matin à 10 heures du soir, le thermométrographe étant hors de service.

MOYENNES DU MOIS DE NOVEMBRE 1869.

	6 h. m	8 h. m.	10 h. m.	Midi.	2 h. s.	4 h. s.	6 h. s.	8 h. s.	10 h. s.
Baromètre.									
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
1re décade	562,60	563,11	563,00	562,83	562,55	562,58	562,74	562,75	562,69
2e »	567,23	567,70	567,92	567,76	567,52	567,65	567,74	567,89	568,03
3e »	557,40	557,71	557,85	557,70	557,47	557,49	557,52	557,57	557,47
Mois	562,41	562,84	562,92	562,77	562,51	562,57	562,67	562,74	562,73
Température.									
	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1re décade	— 4,06	— 4,12	— 2,84	— 1,60	— 2,16	— 3,31	— 3,87	— 3,48	— 3,66
2e »	— 3,39	— 3,15	— 2,55	— 1,97	— 1,49	— 3,21	— 3,50	— 3,29	— 3,50
3e »	— 6,43	— 6,72	— 6,21	— 5,83	— 5,50	— 6,49	— 6,53	— 5,87	— 5,75
Mois	— 4,63	— 4,66	— 3,87	— 3,13	— 3,05	— 4,34	— 4,63	— 4,21	— 4,30

	Min. observé.*	Max. observé.*	Clarté moyenne du Ciel.	Eau de pluie ou de neige.	Hauteur de la neige tombée.
	0	0		mm	mm
1re décade	— 5,69	— 0,96	0,52	21,9	200,4
2e »	— 5,01	— 0,57	0,41	—	—
3e »	— 7,71	— 3,93	0,87	99,9	737
Mois	— 6,14	— 1,82	0,60	121,8	937,4

Dans ce mois, l'air a été calme 23,3 fois sur 100.

Le rapport des vents du NE. à ceux du SO. a été celui de 4,24 à 1,00.

La direction de la résultante de tous les vents observés est N. 45° E., et son intensité est égale à 61,1 sur 100.

* Voir la note du tableau.

TABLE DES MATIÈRES

CONTENUES DANS LE TOME XXXVI (NOUVELLE PÉRIODE)

1869. — Nos 141 à 144.

BULLETIN SCIENTIFIQUE.

ASTRONOMIE.

PHYSIQUE.

CHIMIE.

ZOOLOGIE, ANATOMIE ET PALÉONTOLOGIE.

BOTANIQUE.

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES

faites à Genève et au Grand Saint-Bernard

ERRATA.

Tome XXXVI. page 52. lignes 19 et 26; page 169. ligne 20; page 170, lignes 14 et 22. *au lieu de:* spath d'Islande. *lisez:* spath fluor.

TABLE DES AUTEURS

POUR LES

ARCHIVES DES SCIENCES PHYSIQUES ET NATURELLES

SUPPLÉMENT

A LA BIBLIOTHÈQUE UNIVERSELLE

ANNÉE 1869. Tomes XXXIV à XXXVI (Nouvelle période)

T

V

W

Z

